

ÍNDICE DE EFICIÊNCIA MICROBIOLÓGICA DE UMA FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA

MICROBIOLOGICAL EFFICIENCY INDEX OF A BIODIGESTER SEPTIC TANK

Mateus Ferrareze Feitosa¹

RESUMO: No Brasil, o saneamento básico não atende a maioria da população e o índice de tratamento de esgotos é ainda menor nas áreas rurais. Buscando alternativas para esta problemática surgiu a fossa séptica biodigestora, que é um sistema de tratamento ambientalmente favorável. O resultado final da fossa é um biofertilizante rico em fósforo, potássio e outros nutrientes que funciona como adubo auxiliando no desenvolvimento das plantas. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do biodigestor e o uso do biofertilizante como suplemento para o desenvolvimento de plantas. A construção da fossa é simples e de baixo custo e satisfaz uma residência com até cinco pessoas; as coletas foram realizadas no período de 27/01/2018 a 10/03/2018, em que foram realizadas análises microbiológicas e físico-químicas. Os resultados avaliados foram satisfatórios e se percebeu um pH neutro, grande redução nos índices de condutividade, turbidez, DQO e DBO, bem como na carga bacteriana de coliformes, demonstrando efetividade no tratamento. Observou-se que o resíduo avaliado pode ser utilizado como fertilizante, mas não deve ser usado diretamente nas partes comestíveis da planta. Ele deve ser usado para outras culturas ou diretamente no solo, visto que não atende as exigências legais para quantidade máxima de Coliformes Termotolerantes e Coliformes Totais.

Palavras-chave: Saneamento básico. Fertilizante. Coliformes. Biodigestão.

ABSTRACT: Great part of population is not supplied by basic sanitation in Brazil. This index is still lower in rural areas. Seeking alternatives for this problem, a septic biodigester was developed. Biodigester is an environmentally friendly treatment system. The end of the digestion process results in biofertilizer. It is rich in phosphorus, potassium and other nutrients that function as an auxiliary fertilizer in the development of plants. The aim of this work was to assess the biodigester efficiency and the use of the biofertilizer on supplement for plants. The construction of the biodigester is simple and low cost. It supplies a five-person residency. The samples were carried out daily in the period from 01/27/2018 to 03/10/2018, where microbiological and physicochemical analyses were carried out. The results showed a neutral pH, a great reduction in the conductivity, turbidity, QOD and BOD levels, as well as in the bacterial load of Coliformes, demonstrating efficacy to the treatment. In addition, the results also showed that the residual can be used as

¹ PhD e Docente do Curso de Pós-graduação em Microbiologia e Biotecnologia Aplicadas à Saúde, Meio Ambiente e Indústria do Centro Universitário de Lins – Unilins, Lins-SP, Brasil e graduando do Curso de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas da Faculdade de Tecnologia de Lins – SP. E-mail: mateus.feitosa@fatec.sp.gov.br.

fertilizer, but it should not be used in the edible parts of the plant. It can be used for other crops or directly in the soil, because it does not reach the requirements of the Brazilian legislation such as maximum amount of Thermotolerant Coliform and Total Coliform.

Keywords: Basic sanitation. Waste system. Coliforms. Biodigester. Fertilizers.

INTRODUÇÃO

Saneamento básico é uma série de medidas que objetivam melhorar a vida e a saúde da população, visando guardar ou transformar as condições do meio ambiente com o intuito de precaver doenças e promover a saúde, inibindo que fatores prejudiciais possam afetar o bem-estar físico, mental e social das pessoas. Ele é composto por um conjunto de atividades associadas ao tratamento de água e esgoto, coleta de lixo e práticas de higiene. No Brasil, saneamento básico é direito do cidadão, sendo garantido pelo Decreto 7217/2010 e pela Lei nº 11.445/2007, disponíveis no site do Planalto, que o define como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza e drenagem das cidades, manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais (Costa, 2014; Brasil, 2018; Silva, 2014).

O saneamento básico é um indicativo fundamental para caracterizar um país como desenvolvido, visto que a ausência de atividades como tratamento de água, coleta e tratamento de esgotos, influencia na qualidade de vida das pessoas, impactando em melhorias na educação, no crescimento do turismo, na valorização de imóveis, na renda da população, no meio ambiente e, principalmente, gerando doenças que podem levar até mesmo ao óbito, especialmente em crianças e idosos (Brasil, 2018; Silva, 2014).

Segundo o Brasil (2018), 83,3% dos brasileiros possuem acesso à água tratada, porém mais de 35 milhões de pessoas não possuem este serviço básico e aproximadamente 37% das águas do país são perdidas, por meio de vazamentos, roubos, ligações clandestinas, falta de medição e/ou medição incorreta, o que resulta em um prejuízo maior que R\$ 8 bilhões. A coleta de esgoto alcança somente 51,92% da população, deixando mais de 100 milhões de brasileiros sem este atendimento, grande parte dos esgotos também são despejados irregularmente e até 2015, apenas 32% das obras previstas nessa área estavam concluídas. Já o tratamento de esgoto não alcança nem metade da população, sendo tratado apenas 44,92% dela.

Costa (2014) diz que na área rural quase 84% das pessoas possuem acesso à água tratada e somente cerca de 25% da população possui rede de coleta ou tratamento de esgoto. Esse índice varia consideravelmente de acordo com as regiões do país, sendo que no Sul e no Sudeste, 48 e 34%, respectivamente, dos moradores rurais são assistidos por alguma rede coletora de esgotos. Já nas regiões norte, nordeste e centro-oeste, 24, 16 e 9%, respectivamente, dos indivíduos rurais possuem esgoto coletado. Leonel, Martelli e Silval (2013) ressaltam que devido à deficiência dos sistemas de esgoto, a população rural deposita seus dejetos principalmente em fossas rudimentares, potencializando a possibilidade de transmissão de doenças patogênicas.

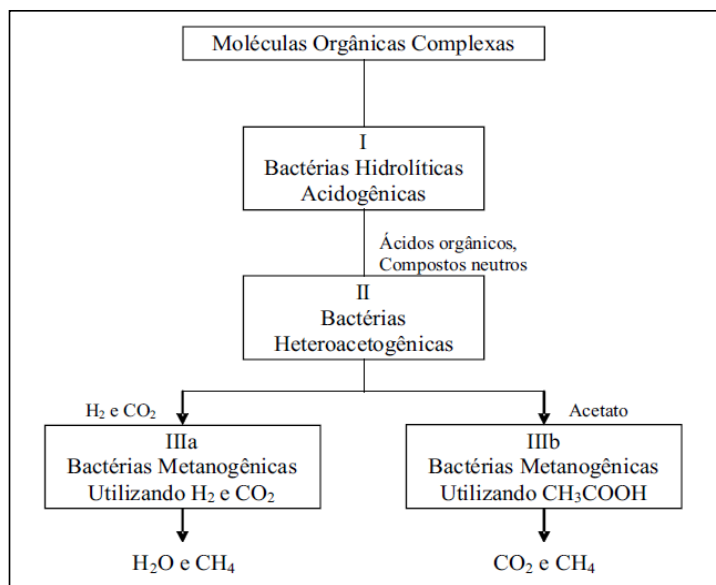
Costa (2014) também diz que entre todos os pontos negativos causados pelas más condições sanitárias, o que sofre maior impacto é a saúde, visto que a ausência de tratamento de esgoto, seja rural ou urbano, causa diversas doenças, chamadas doenças feco-orais, que são em sua maioria as doenças que causam diarreias. Quase 90% das mortes por doenças diarreicas são relacionadas à falta de tratamentos sanitários. Costa (2013) cita as verminoses, a hepatite A e a cólera como outras doenças associadas a essa carência nas atividades básicas. Já no Brasil (2018), segundo o Ministério da Saúde, em 2013, foram notificadas mais de 340 mil internações por infecções gastrointestinais, sendo que o custo de cada uma delas pelo Sistema Único de Saúde (SUS) foi cerca de R\$ 355,71 por paciente na média nacional, além disso, neste mesmo ano, houve mais de 14 milhões de afastamentos causados por sintomas de vômito ou diarreia, sendo que cada R\$ 1 investido em saneamento básico resulta numa economia de R\$ 4 na saúde.

Visando minimizar os impactos da falta de saneamento básico na zona rural e alavancar o tratamento de esgoto surgiu a fossa séptica biodigestora, que auxilia na viabilização do tratamento de esgoto doméstico e gera produção de efluentes desinfetados. A fossa foi criada por Novaes, um veterinário que dedicou vários anos de serviço à Embrapa. Ela age diretamente no esgoto do vaso sanitário, por meio de um tratamento biológico, evitando a contaminação das águas pelo esgoto doméstico e diminuindo a proliferação de doenças provenientes dessas (Silva; Faustino; Novaes, 2007; Silva, 2014).

A fossa séptica biodigestora é um sistema de tratamento ambientalmente favorável, visto que em sua fabricação se utiliza de caixas vedadas evitando a proliferação de insetos e animais peçonhentos em sua proximidade. Ela funciona por processo de biodigestão, utilizando esterco bovino ou ovino como meio inoculante de bactérias, que decompõe a matéria orgânica e permite a reciclagem dos dejetos, pois os transforma em gás e em efluente, com alta carga nutricional, que é benéfico às plantas. Tais efluentes podem ser usados como adubos até mesmo em plantas próximas às casas, pois são inodoros. Logo, a fossa séptica biodigestora é eficiente na transformação de dejetos do vaso sanitário em adubo orgânico líquido, rico em nitrogênio, fósforo e potássio, que pode ser utilizado como biofertilizante (Costa, 2014; Silva, 2014).

Segundo Silva, Faustino e Novaes (2007), nos tratamentos de esgotos ocorrem processos biológicos, em que as bactérias decompõem a matéria orgânica. Isso acontece devido à utilização desta matéria orgânica como um reator biológico para obtenção de energia para suas atividades e como fonte de matéria prima para sua reprodução. Este processo consiste em duas reações principais, a de respiração e a reação de síntese e reprodução. Na primeira, os microrganismos utilizam a matéria orgânica como fonte de energia, gerando CO_2 e H_2O como produto final. Já na segunda, a matéria orgânica é utilizada como matéria prima para a reprodução dos microrganismos. As reações de respiração no processo biológico que utilizam oxigênio dissolvido (OD) são chamadas de respiração aeróbia. A reação de desnitrificação é aquela em há nitrato (N-NO_3) sendo utilizado na respiração por falta OD, em estado anóxico, gerando como produto final CO_2 , H_2O e N-gasoso. Já a respiração anaeróbia ocorre com a falta de OD e de N-NO_3 formando dióxido de carbono e gás metano.

Silva, Faustino e Novaes (2007) também clarificam que a digestão anaeróbia objetiva reduzir substancialmente os sólidos voláteis e os organismos patogênicos, bem como estabilizar as substâncias instáveis presentes no esgoto, caracterizando-se pela estabilização da matéria orgânica na ausência de oxigênio. Esse processo acontece em praticamente seis principais etapas, iniciando na hidrólise de biopolímeros orgânicos complexos, como proteínas, carboidratos e lipídios, em monômeros, que são açúcares, aminoácidos e ácidos graxos, por bactérias hidrolíticas; ocorrendo também por bactérias hidrolíticas, a fermentação de aminoácidos e açúcares; logo após tem-se a oxidação anaeróbica de ácidos graxos voláteis e álcoois por bactérias heteroacetogênicas. Na sequência, acontece ainda, por bactérias heteroacetogênicas, a oxidação anaeróbica de produtos intermediários, como ácidos graxos voláteis; vindo consecutivamente a conversão de hidrogênio a metano, em que o hidrogênio e o dióxido de carbono são usados pelas bactérias metanogênicas e por fim, há a conversão de acetato, novamente pelas bactérias metanogênicas, em metano. Os três grupos de bactérias encontrados na fossa vivem em equilíbrio dinâmico, alterando sua concentração de acordo com as necessidades do tanque, onde também podem ser encontradas bactérias redutoras de sulfato e bactérias desnitrificantes. Os principais grupos de bactérias presentes na fossa séptica biodigestora podem ser representados conforme a Figura 1:



Fonte: Silva, Faustino e Novaes (2007).

Figura 1. Processo de digestão anaeróbica.

Ressalta-se a importância de utilizar apenas água vinda do vaso sanitário e de higienizá-lo apenas com produtos biodegradáveis, visto que os produtos químicos, de caráter bactericida, como o Veja®, eliminam grande parte dos microrganismos (vide rótulo), diminuindo então a carga bacteriana e inibindo a atividade de biodigestão (Silva, 2014).

Por sua vez, o biofertilizante, que é resultante do processo final da fossa, é um insumo de baixo custo, que auxilia no controle de pragas e nas doenças das plantas, tem capacidade para ser aplicado na atividade produtiva primária e representa um grande avanço na preservação do meio ambiente. Ele nada mais é que o composto bioativo resultante da biodigestão de compostos orgânicos de origem vegetal e animal. O biofertilizante é composto por células vivas ou latentes de microrganismos de metabolismo aeróbio, anaeróbio e de fermentação (bactérias, leveduras, algas e fungos filamentosos) e também metabólitos e quelatos organominerais em soluto aquoso (Medeiros; Lopes, 2006).

De acordo com o Brasil (2005), as águas são classificadas em concordância com a Resolução 357/2005, disponível no site do Ministério do Meio Ambiente, em relação aos níveis de qualidade, estes são avaliados por condições e padrões específicos, levando-se em conta a saúde, o bem-estar humano e o equilíbrio ecológico aquático, variando conforme sua utilidade e visando atender as necessidades da comunidade. Logo, tal classificação pressupõe qual a serventia da água de acordo com seu estado, como por exemplo, consumo humano, esportes aquáticos, destinação correta à irrigação, entre outras.

A ideia de gerar tecnologias simples, que não necessitam de grandes investimentos e utilizam ferramentas já presentes no cotidiano das famílias rurais visa melhorar a qualidade de vida de diversas pessoas. A fossa séptica biodigestora traz o conceito de melhoria ambiental, uma vez que deixa de jogar contaminantes nas águas; melhoria no âmbito de saúde, visto que as famílias deixarão de consumir água contaminada e melhoria na renda do trabalhador, logo que o efluente final serve como adubo, melhorando o plantio. Torna-se essencial avaliar o índice de eficiência microbiológica do processo, evitando a contaminação dos cultivos e das diversas pessoas envolvidas (Novaes *et al.*, 2002; Campolin; Soares; Feiden, 2011).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência do biodigestor e o uso do biofertilizante como suplemento para o desenvolvimento de plantas. Também foi verificado se o tratamento está em conformidade com a Resolução 357, de 17 de março de 2005, publicada no D.O.U. nº 53, de 18/03/2005, páginas 58-63 avaliando se o efluente final atende os requisitos da norma sendo próprio para ser usado como biofertilizante, bem como o índice de eficiência do processo ao decorrer do tempo.

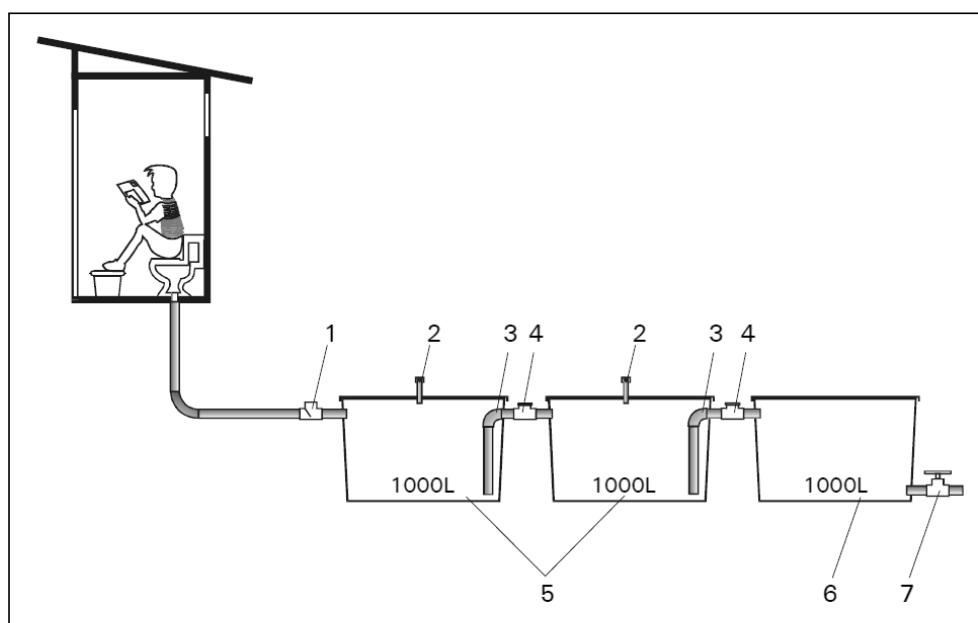
A hipótese testada foi de que o tratamento é eficiente devido à decomposição anaeróbica e aeróbica que acontece ao longo do processo. Outra hipótese testada foi de que o biofertilizante seja usado como fertilizante de plantas uma vez que os dejetos humanos são ricos em nutrientes fosfatados e nitrogenados e esses dois nutrientes são essenciais para o desenvolvimento vegetal.

MATERIAIS E MÉTODOS

Construção da fossa

Para a construção de uma fossa séptica biodigestora (Figura 2) que seja eficiente em uma casa com cinco moradores, seguindo o Manual Técnico da Embrapa, utilizam-se três caixas de 1000L cada^(5,6), que podem ser de plástico ou de cimento amianto e são facilmente encontradas no comércio. A primeira caixa deve ser ligada apenas ao vaso sanitário, visto que as águas da pia e do chuveiro possuem sabão e detergentes, que inibem a biodigestão por terem propriedades antibióticas. As caixas devem ser tampadas e lacradas com borracha e serem interligadas por tubos e conexões de PVC de 4", com curva de 90° longa⁽³⁾ no interior das caixas e T de inspeção⁽⁴⁾, para evitar entupimentos no sistema. Todos os tubos e conexões devem ser lacrados com cola de silicone, também é importante que o sistema fique enterrado, para que mantenha o isolamento térmico (Novaes *et al.*, 2002).

Para iniciar os processos da fossa, são necessários 10L de água e 10L de esterco bovino ou ovino fresco, gerando uma mistura de aproximadamente 20L que deve ser reabastecida, pela válvula de retenção⁽¹⁾, com mais 10L de mistura (50% água e 50% esterco) a cada 30 dias; o intuito deste procedimento é elevar a atividade microbiana, bem como a eficiência da biodigestão. O sistema também necessita de duas chaminés de alívio⁽²⁾ que servem para liberação do gás acumulado (CH₄). O registro de esfera de 50mm⁽⁷⁾ é instalado na caixa coletora⁽⁶⁾ e serve para retirada do efluente final (Novaes *et al.*, 2002; Silva; Faustino; Novaes, 2007).



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

Figura 2. Esquema da fossa biodigestora.

Novaes *et al.* (2002) listam os materiais presentes no Quadro 1 para montagem da fossa séptica biodigestora:

Quadro 1. Lista de materiais e ferramentas utilizadas na construção da fossa.

Descrição	Quant.
Caixa cimento amianto 1000L	03un
Tubo de PVC 100mm para esgoto	06m
Válvula de retenção de PVC 100mm	01un
Curva 90° longa de PVC 100mm	02un
Luva de PVC 100mm	03un
Tê de inspeção de PVC 100mm	02un
O´ring 100mm	10un
Tubo de PVC soldável 25mm	02m
Cap de PVC soldável 25mm	02un
Flange de PVC soldável 25mm	02un
Flange de PVC soldável 50mm	01un
Tubo de PVC soldável 50mm	01m
Registro de esfera de PVC 50mm	01un
Cola de silicone 300g	02un
Borracha de vedação 15x15mm	25m
Pasta lubrificante para juntas elásticas em PVC rígido – 400g	01un
Adesivo para PVC – 100g	01un
Neutrol	01L
Serra copo 100mm	01un
Serra copo 50mm	01un
Serra copo 25mm	01un
Aplicador de silicone	01un
Arco de serra com lâmina de 24 dentes	01un
Furadeira elétrica	01un
Pincel de ¾"	01un
Pincel de 4"	01un
Estilete ou faca	01un
Lixa comum no. 100	02un

Fonte: Elaborado pelo autor.

A fossa utilizada neste trabalho foi construída na Estância Santa Helena, Bairro do Bora, na cidade de Avanhandava – SP, de acordo com os passos supracitados.

Período de coleta

O período de amostragem foi do dia 27 de janeiro de 2018 até o dia 10 de março de 2018, totalizando um intervalo de 43 dias, em que se coletaram réplicas diárias de cada amostra e ao final dessa temporada, o resíduo sólido foi testado para ser utilizado como biofertilizante.

Metodologias analíticas

Foi avaliado o desempenho da fossa séptica biodigestora ao longo de um período, tal qual o desempenho entre fossas sépticas biodigestoras de outros estudos. Para tanto, foram analisados os parâmetros de Coliformes Termotolerantes, Coliformes Totais, os índices de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO), condutividade, turbidez e pH; quanto ao biofertilizante, foi avaliado o pH, bem como a presença de metais e de nutrientes.

As análises foram realizadas pela empresa M2F ambiental e os resultados demonstram a eficiência da fossa séptica biodigestora. Eles foram disponibilizados em forma de médias, na qual se calcularam os índices a cada três semanas; logo o trabalho apresenta as médias de resultados referentes à primeira quinzena de coleta como dados do dia 27/01/2018, sendo essa a primeira amostragem; os dados da segunda quinzena são atribuídos à segunda amostragem, relacionados à data do dia 17/02/2018 e a terceira amostragem corresponde à terceira e última quinzena de amostragem, que datam de 10/03/2018.

Para a realização das análises, tanto para os parâmetros físico-químicos, como para as análises de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes foram utilizados os mesmos métodos citados por Silva, Faustino e Novaes (2007).

A averiguação do pH foi feita com o efluente filtrado, usando eletrodo de vidro combinado e as análises da Composição Mineral do Efluente foram efetuadas por Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Acoplado Indutivamente (ICP OES), em que se obteve o conteúdo mineral por meio da digestão por via seca de 0,10g de efluente liofilizado, que foi pesado em cadinho de porcelana; as amostras permaneceram por duas horas na mufla à temperatura de 550°C, na qual foram calcinadas; após o resfriamento até a temperatura ambiente ocorrer, foram acrescentados 10mL de ácido clorídrico concentrado que foi aquecido em banho de areia até o ácido evaporar totalmente; novamente resfriaram-se as amostras até a temperatura ambiente e então os cadinhos foram lavados com 5mL de HCl 1,0mol.L⁻¹ e logo após com mais 5mL de água deionizada, transferindo a solução para tubos com tampa. O extrato obteve um volume final de 10 mL, em solução ácida de 0,05 mol.L⁻¹; a digestão foi feita em duplicata e foi quantificada em espectrômetro de emissão ótica com plasma de argônio induzido, da marca Varian, modelo Vista RL (Silva; Faustino; Novaes, 2007).

Para a avaliação de parasitas utilizou-se uma técnica chamada digestão anaeróbia RALF, própria para o tratamento de esgotos do tipo doméstico, conforme cita Carrijo e Biondi (2008), em foram utilizados filtros adequados ao estudo de presença de ovos de helmintos e um controle positivo previamente padronizado com ovos de *Taenia saginata*.

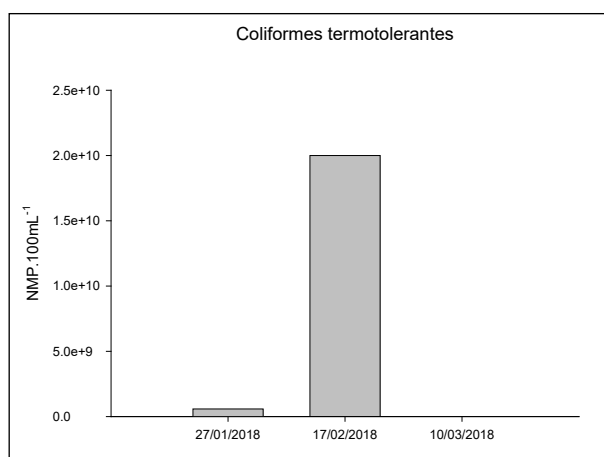
Tratamento estatístico

Para avaliar o tratamento empregado e testar as hipóteses do trabalho foram utilizados dados completos de cada etapa do tratamento para as análises estatísticas. Esses dados não são mostrados integralmente nos resultados por questão contratual da empresa. O teste *one-way* ANOVA foi realizado para verificar se há diferenças entre as variáveis testadas. Esse teste foi realizado após verificação dos pressupostos de normalidade e homeostaticidade, quando diferenças foram detectadas, o teste de Tukey foi aplicado para determinar seu nível de significância. Valores estatisticamente diferentes foram considerados quando $p < 0.05$ (Statistic Software; Statsoft, 2001; Underwood, 1997).

Estas análises foram realizadas no software Statistica, versão 6.0 (Statsoft, 2001).

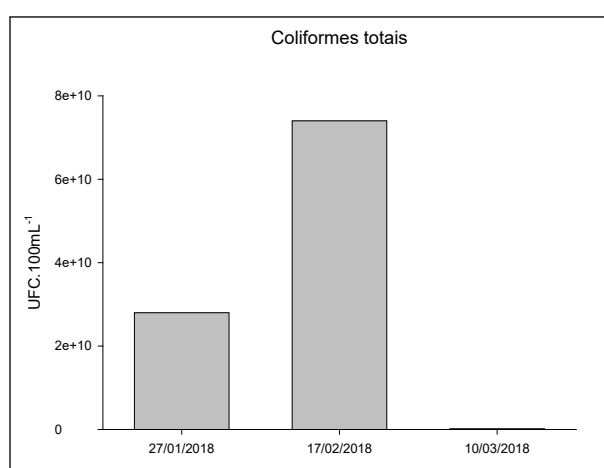
RESULTADOS

Para as análises de Coliformes Termotolerantes (Figura 3) e Coliformes Totais (Figura 4) obteve-se na primeira amostragem o resultado de $5,7 \times 10^8$ NMP/100mL e $2,8 \times 10^{10}$ NMP/100mL respectivamente, enquanto na segunda viu-se $2,0 \times 10^{10}$ NMP/100mL e $7,4 \times 10^{10}$ NMP/100mL, na devida ordem e já na última semana leu-se $1,2 \times 10^6$ NMP/100mL para Coliformes Termotolerantes e $1,4 \times 10^8$ NMP/100mL para Coliformes Totais. Sendo assim, fica perceptível que entre a primeira e a última demonstração houve uma significativa diminuição na carga bacteriana ($p=0,001$), visto que houve uma diminuição de duas casas logarítmicas na leitura, consistindo em uma redução de aproximadamente 20% de coliformes em menos de 45 dias. Já o aumento na segunda demonstração pode estar relacionado a variações do meio ambiente, como por exemplo, temperaturas diárias. Nota-se ainda que os resultados de Coliformes Termotolerantes na primeira quinzena de amostragem, bem como na última quinzena de amostragem se encontram duas casas logarítmicas abaixo dos resultados de Coliformes Totais, significando uma diferença também de aproximadamente 20% entre ambos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

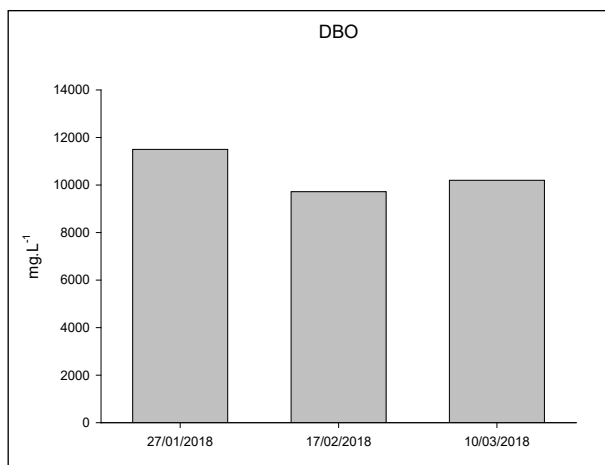
Figura 3. Resultados de Coliformes Termotolerantes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

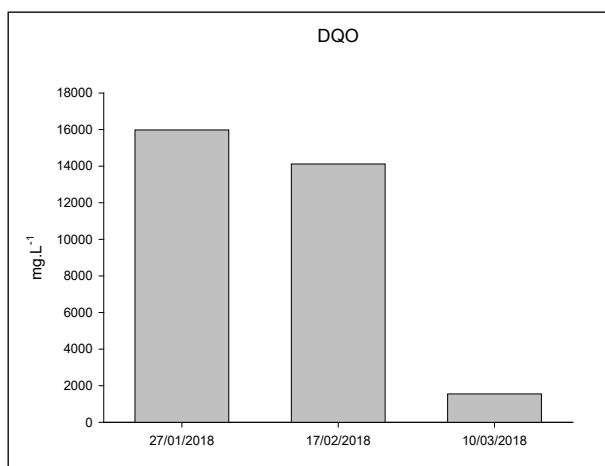
Figura 4. Resultados de Coliformes Totais

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (Figura 5) apresentou 11500 mg.L⁻¹, 9720 mg.L⁻¹ e 10200 mg.L⁻¹ correspondendo à primeira, segunda e terceira amostragem (p=0,004 e p=0,002). Já a Demanda Química de Oxigênio (Figura 6) apresentou na devida ordem a seguinte resulta: 15980 mg.L⁻¹, 14120 mg.L⁻¹ e 1550 mg.L⁻¹ (p<0,05 e p=0,0001).



Fonte: Elaborado pelo autor.

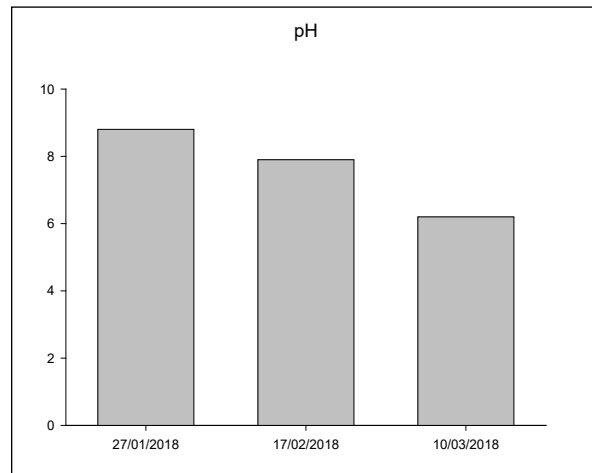
Figura 5. Resultados de DBO.



Fonte: Elaborado pelo autor.

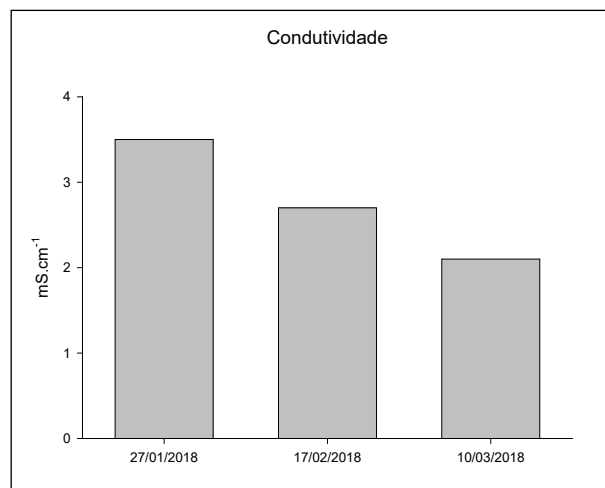
Figura 6. Resultados de DQO.

Na avaliação de pH (Figura 7) encontraram-se os índices de 8,8 na primeira amostragem, 7,9 na segunda amostragem e 6,2 na terceira amostragem (p<0,05 e p=0,000001). Enquanto na condutividade (Figura 8), constatou-se 3,5mS/cm no dia 27/01/2018, 2,7mS/cm no dia 17/02/2018 e 2,1mS/cm no dia 10/03/2018 (p<0,05). Enquanto que para a turbidez (Figura 9) encontrou-se 105NTU, 76NTU e 12NTU, correspondendo à primeira, segunda e terceira amostragem (p=0,000001).



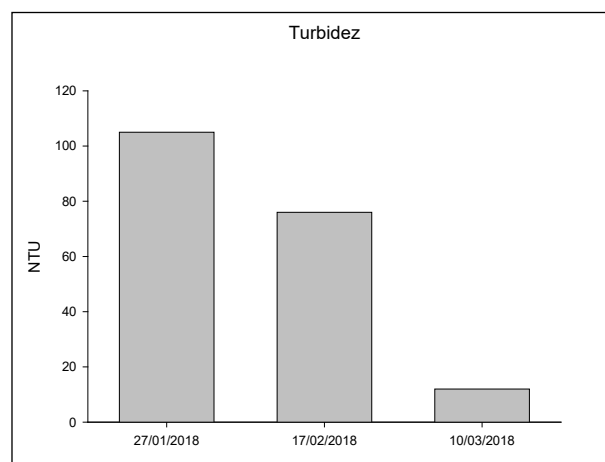
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7. Índices de Ph.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8. Resultados de Condutividade.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9. Resultados de Turbidez.

Já para o biofertilizante, cujos dados foram retratados na Tabela 1, observou-se que a média de verificação do pH resultou em 7,7 na primeira quinzena, 7,3 na segunda quinzena e 7,1 na terceira quinzena, demonstrando que o ele possui caráter neutro. Também foi perceptível o aumento da quantidade de Nitrogênio (N): na primeira semana se obteve 0,21 mg.L⁻¹, na segunda 0,28 mg.L⁻¹ e na terceira 0,33 mg.L⁻¹.

As avaliações dos macronutrientes Pentóxido de Fósforo (P₂O₅) e Óxido de Potássio (K₂O) possuíram resultados decrescentes ao passar das quinzenas, em que se viu na primeira amostragem 0,08 mg.L⁻¹ e 0,15 mg.L⁻¹, na segunda amostragem 0,05 mg.L⁻¹ e 0,12 mg.L⁻¹ e na terceira amostragem 0,03 mg.L⁻¹ e 0,09 mg.L⁻¹, em sua devida ordem.

Quanto aos outros itens investigados, observou-se uma quantia de 0,06 mg.L⁻¹ de Cálcio (Ca) no dia 27/01/2018, depois 0,04 mg.L⁻¹ no dia 17/02/2018 e 0,03 mg.L⁻¹ no dia 10/03/2018. Já o Chumbo (Pb), Magnésio (Mg) e Cobre (Cu) não foram encontrados na primeira quinzena de amostragem, já na última apresentaram respectivamente os índices de <0,01 mg.L⁻¹, <0,05 mg.L⁻¹ e 0,057 mg.L⁻¹, o aparecimento destes significa que os moradores da residência podem estar em contato com metais.

Por último, foi constatada a ausência de ovos de helmintos e protozoários, bem como de bactérias do gênero *Salmonella spp*, que pode ser em função de serem péssimas competidoras por nutrientes e sensíveis à temperatura.

Tabela 1. Resultados do Biofertilizante.

Análises	27/01/2018	17/02/2018	10/03/2018
pH	7,7	7,3	7,1
N (mg.L ⁻¹)	0,21	0,28	0,33
P ₂ O ₅ (mg.L ⁻¹)	0,08	0,05	0,03
K ₂ O (mg.L ⁻¹)	0,15	0,12	0,09
Ca (mg.L ⁻¹)	0,06	0,04	0,03
Pb (mg.L ⁻¹)	ausência	-	<0.01
Mg (mg.L ⁻¹)	ausência	-	<0.05
Cu (mg.L ⁻¹)	ausência	-	0,057

Fonte: Elaborado pelo autor.

DISCUSSÃO

A fossa séptica biodigestora foi efetiva; isso é notável pelos resultados que demonstram a ação da digestão aeróbica, bem como da digestão anaeróbica, significando que o processo de decomposição dos dejetos está ocorrendo de forma eficiente, confirmando a primeira hipótese do trabalho.

A decomposição aeróbica pode ser notada uma vez que os microrganismos estão presentes e se utilizam da matéria orgânica biodegradável como um reator para obtenção de energia, conforme sugeriram Silva, Faustino e Novaes (2007). Também é notável a decomposição anaeróbica, visto a ausência de microrganismos patogênicos, como a *Salmonella spp* e a redução da carga bacteriana de Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes.

Brasil (2013) esclarece que os Coliformes são bactérias encontradas nas fezes de animais de sangue quente, logo sua concentração está diretamente relacionada à quantidade de contaminação fecal presente na água. Caracterizam-se como Coliformes Totais os bacilos gram-negativos do grupo coliforme, cuja respiração é aeróbia ou anaeróbia facultativa; eles podem se propagar em meio a sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam lactose com produção de ácido, gás e aldeído; sua temperatura ótima para desenvolvimento é 35±0,5°C, por um período de 24-48h, seu crescimento pode acarretar na atuação da enzima β-galactosidase,

e não formam esporos e são oxidase-negativas. Já os Coliformes Termotolerantes são um subgrupo dos coliformes que levam 24h para fermentar lactose à temperatura de $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$. Os Coliformes são pouco rigorosos em termos nutricionais, por isso possuem maior tempo de vida em ambiente aquático, eles também não se multiplicam na água e são mais resistentes a agentes desinfetantes quando confrontados com bactérias patogênicas intestinais.

Silva (2007) compara resultados entre uma fossa séptica abastecida com inóculo de esterco bovino e outra com inóculo de esterco ovino. Os resultados encontrados em meio de esterco bovino foram $1,4 \times 10^4$ NMP/100mL para Coliformes Termotolerantes e $8,8 \times 10^5$ NMP/100mL para Coliformes Totais, bem como no meio de esterco ovino foram encontrados os resultados de $3,6 \times 10^5$ NMP/100mL de Coliformes Termotolerantes e $1,8 \times 10^6$ NMP/100mL de Coliformes Totais. Percebe-se que entre os comparativos de Silva (2007) o inóculo de esterco ovino foi menos eficiente na redução de coliformes, já comparando com a fossa avaliada neste trabalho ambos inóculos utilizados na fossa de Silva (2007) foram mais eficientes que o inóculo desta. Por sua vez, Leonel (2013) apresentou, na fossa por ele avaliada, em sua última coleta na saída da fossa os resultados $4,4 \times 10^3$ NMP/100mL para Coliformes Termotolerantes e $7,8 \times 10^3$ NMP/100mL para Coliformes Totais, constatando também maior eficiência em relação a fossa aqui estudada e até mesmo em relação à ambos os inóculos de Silva (2007). Tais resultados se alternam por variantes como: temperatura, localização, tipo de inóculo, tempo de atividade da fossa e outros.

A ausência de bactérias do gênero *Salmonella*, dos ovos de helmintos e de protozoários coincide com a descrição citada por Peres, Hussar e Beli (2010) que alegam a inexistência de tais organismos, bem como de vírus no biofertilizante gerado pela fossa.

Segundo Costa (2014), contabilizam-se cerca de 30L de despejo de esgoto por pessoa por dia, gerando uma DBO entre 600 mg.L^{-1} e 800 mg.L^{-1} , logo os resultados aqui encontrados estão acima, porém avaliando a redução nos índices de DBO e de DQO no período de amostragem, percebe-se que na fossa séptica biodigestora aqui estudada existe atividade bacteriana.

Observa-se a redução dos índices de Demanda Bioquímica de Oxigênio e Demanda Química de Oxigênio, principalmente na última média de DQO. Tais demonstrações são favoráveis para o funcionamento efetivo da fossa, visto que se constata que tem havido oxidação da matéria orgânica, reduzindo então os dejetos ali depositados no início do processo.

O biofertilizante gerado pela fossa séptica aqui comentada é de natureza neutra, rico em fósforo, potássio, cálcio, nitrogênio e outros nutrientes que auxiliam na compostagem, auxiliando o desenvolvimento das plantas. Portanto, ele pode ser utilizado como fertilizante para plantas desde que não seja aplicado diretamente nas suas partes comestíveis. O BRASIL (2005) estabelece padrões para classificação de uma água de acordo com odor, quantidade bacteriana, DBO, análises físico-químicas, entre outros; por meio das análises aqui citadas e dos padrões impostos pelo mesmo, o biofertilizante final não se classifica em nenhum tipo de água, coincidindo com o resultado de Faustino (2007) e com a ressalta de Silva (2014) que citam que o biofertilizante não deve ser aplicado nas partes comestíveis das plantas, colocando-o apenas diretamente no solo.

Kurorki *et al.* apresentam as seguintes variações na concentração de nutrientes em um biofertilizante: N $224\text{-}231 \text{ mg.L}^{-1}$, Ca $50\text{-}70 \text{ mg.L}^{-1}$, Mg $20\text{-}30 \text{ mg.L}^{-1}$, Cu $0,05\text{-}0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, ou seja, tem-se maiores índices de Nitrogênio e Cálcio e menores em Magnésio e Cobre quando confrontados com esta fossa. Isso se deve principalmente ao pouco tempo de atividade da fossa avaliada, com o aumento da utilização a atividade microbiana será mais eficiente e a qualidade do resíduo como fertilizante será maior (Novaes *et al.*, 2002).

O uso da fossa séptica instalada na Estância Santa Helena foi muito promissor, mesmo quando comparado a outros resultados, pois assim como citam Peres, Hussar e Beli (2010) a implantação da fossa melhora a qualidade de vida na zona rural, diminuindo o uso das “fossas negras” e, conseqüentemente, diminuindo a contaminação dos lençóis freáticos, o que reduz as chances de doenças oriundas da falta de tratamento de esgotos. A fossa ainda gera um biofertilizante que Novaes (2002) sugere que seja utilizado como matéria orgânica para o solo, bem como para as plantas, auxiliando na melhoria de cultivos, visto que ele é rico em macro e micronutrientes.

É importante ressaltar que caso o produto final não seja utilizado como biofertilizante, ele deve ser corretamente descartado. Segundo SILVA (2014) e Faustino (2007), ele só pode ser descartado em curso d'água com alta vazão, caso não haja nenhum interesse de usá-lo como adubo ou nenhuma forma de descartá-lo em valas de infiltração e este descarte só acontece com autorização de órgãos ambientais, pois o biofertilizante ainda possui elementos que podem gerar o crescimento desordenado de organismos aquáticos.

CONCLUSÃO

As hipóteses do trabalho foram validadas demonstrando que a fossa séptica biodigestora foi efetiva e tal processo coopera para diminuir os impactos ambientais, sendo de baixo custo e de fácil manejo, melhorando a qualidade de vida do morador rural. Ela também é indicada para substituir as chamadas “fossas negras”, uma vez que ajuda no tratamento de esgoto doméstico e gera biofertilizante como produto final.

A fossa séptica biodigestora aqui avaliada reduziu a carga bacteriana, bem como os índices de DBO e DQO, mostrando que ela realizou processos de biodigestão e mesmo que tenha atingido resultados abaixo daqueles encontrados em estudos semelhantes, a fossa séptica biodigestora instalada na Estância Santa Helena foi eficiente. O biofertilizante produzido por ela é rico em nutrientes e pode ser empregado em culturas, mas de acordo com a Resolução 357/2005, deve ser utilizado apenas no solo e não nas partes comestíveis da planta.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Resolução n. 357, de 17 de mar. de 2005**. RESOLUÇÃO No 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais. v. DOU, n. 53, p. 58-63, mar. 2005.
- BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.
- BRASIL, Trata. **O que é saneamento?**. 2018. Disponível em: <www.tratabrasil.org.br>. Acesso em: 23 fev. 2018.
- CAMPOLIN, A. I.; SOARES, M. T. S.; FEIDEN, A. **Seleção, implantação, validação e apropriação da tecnologia Fossa Séptica Biodigestora em assentamentos de reforma agrária**. 88. ed. Corumbá: Comunicado Técnico, 2011.
- CARRIJO, J. R.; BIONDI, G. F. **Levantamento de ovos de helminto em lodo de esgoto oriundo de Campo Grande (MS) após tratamento anaeróbico**. v. 9. p. 207-211. Botucatu: Ciência Animal Brasileira, 2008.
- COSTA, Adriano Borges. **Tecnologia social e políticas públicas**. 1ª. ed. São Paulo: Fundação Banco do Brasil, 2013.
- COSTA, C. C.; GUILHOTO, J. J. M.. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. Edição Especial, p. 51-60, jan. 2014.
- FAUSTINO, A. S. **Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo**. São Carlos: UFSCar, 2007.
- KUROKI et al. Avaliação físico-química de efluente gerado em biodigestor anaeróbio visando aplicação como fertilizante agrícola. 6 p. Artigo (simpósio) – I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais, **Anais[...]**, Florianópolis: Brasil, 2009.
- LEONEL, L. F.; MARTELLI, L. F. A.; SILVA, W. T. L. Avaliação do efluente de fossa séptica biodigestora e jardim filtrante. 4 p. Artigo (simpósio) - Agricultural and agroindustrial waste management, **Anais[...]**, São Pedro: Brasil, 2013.
- MEDEIROS, M. B.; LOPES, J. S. **Biofertilizantes líquidos e sustentabilidade agrícola**. 7. ed. Bahia Agrícola, 2006.

- NOVAES, A. P. *et al.* **Utilização de uma fossa séptica biodigestora para melhoria do Saneamento Rural e desenvolvimento da Agricultura Orgânica.** São Carlos: Embrapa, 2002.
- PERES, L. J. S.; HUSSAR, G. J.; BELI, E. **Eficiência no tratamento de esgoto doméstico de comunidades rurais por meio de fossa séptica biodigestora.** v. 7. p. 20-36. Espírito Santo do Pinhal: Engenharia Ambiental, 2010.
- SILVA, W. T. L.; FAUSTINO, A. S.; NOVAES, A. P. **Eficiência do processo de biodigestão em Fossa Séptica Biodigestora inoculada com esterco de ovino.** 1ª. ed. São Carlos: Embrapa, 2007.
- SILVA, W. T. L. **Saneamento básico rural.** 1ª. ed. Brasília: Embrapa, 2014.
- STATSOFT INC. **Statistica** - data analysis software system - version 6. Tulsa, 2001.
- UNDERWOOD, A.J. **Experiments in Ecology:** Their Logical Design and Interpretation Using Analysis of Variance. London: Cambridge University Press, 1997.