

II-410 – IMPLANTAÇÃO DE FOSSA SÉPTICA BIODIGESTORA EM UMA RESIDÊNCIA NA COMUNIDADE DE VILA EQUADOR, DISTRITO DE BAILIQUE, MACAPÁ-AP

Railan Coelho Sarges⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Amapá – UEAP.

Diani Fernanda da Silva Less

Engenheira Ambiental pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Doutoranda em Biotecnologia e Biodiversidade pela Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal. Docente do curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Estado do Amapá.

José Ribamar Bruno dos Santos Junior

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Amapá – UEAP.

Paulo Roberto Uchoa Dias Júnior

Engenheiro Ambiental pela Universidade do Estado do Amapá – UEAP.

Endereço⁽¹⁾: Rua Turíbio Guimarães, 336 –Perpétuo Socorro - Macapá - AP- CEP: 68905-731 - Brasil - Tel: (96) 99186-9366 - e-mail: railansarges@hotmail.com

RESUMO

O presente trabalho visou à instalação de um sistema modular de Fossa Séptica Biodigestora na comunidade de Equador, localizada no distrito de Bailique pertencente a cidade de Macapá-AP, visando o tratamento de esgoto doméstico por meio do processo de biodigestão anaeróbia utilizando como inóculo esterco bovino. O sistema é composto de quatro caixas d'água de fibra de vidro instaladas em sequência com capacidade de mil litros cada, em que as três primeiras caixas funcionam como módulos de fermentação e a última armazena o efluente tratado. Realizou-se algumas alterações na concepção original do sistema desenvolvido pela Embrapa Instrumentação devido as particularidades do local atendido, por exemplo não houve a necessidade de aterramento do sistema e também, não foi necessário pintar de preto as tampas das caixas. Para análise da eficiência do sistema realizou-se a caracterização do efluente bruto e do efluente tratado, bem como avaliou-se sua possível utilização como fertilizante agrícola. Foram feitas duas coletas do material das caixas de entrada e saída do sistema para caracterização microbiológica e físico-química do efluente, sendo a primeira realizada em Agosto de 2014 e a segunda em Outubro de 2014 sendo analisadas os parâmetros de temperatura do efluente, pH, coliformes totais e termotolerantes, sólidos suspensos, sólidos voláteis, sólidos totais, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total e nitrogênio amoniacal. O efluente produzido apresentou como resultado um caráter levemente alcalino, baixas concentrações de sólidos, fósforo e de N-NH₄ e sem variação nos indicadores de agentes patogênicos, e uma redução de 56,3% da DBO. Segundo as diretrizes do PROSAB, não há valores limites de DBO, DQO e sólidos totais para uso do líquido como fertilizante, sendo assim, considerando as características do efluente tratado, e por ainda apresentar características patogênicas o mesmo torna-se viável para uso em irrigação restrita.

PALAVRAS-CHAVE: Esgoto doméstico, fossa séptica biodigestora, biofertilizante, Macapá-AP.

INTRODUÇÃO

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) revelam que trinta milhões de pessoas residem em localidades rurais no Brasil, representando aproximadamente 16% da população brasileira, sendo que, em sua maioria, não dispõem de tratamento adequado para o esgoto doméstico. A escassez de água, a cobrança pelo seu uso, a disseminação de doenças de veiculação hídrica, as restrições na legislação entre outros fatores, pressionam a sociedade na tomada de decisões que envolvam a melhoria do sistema de saneamento básico no país (BERTONCINI, 2008).

Verifica-se certo descaso por parte dos governos e a falta de um direcionamento de políticas públicas relacionadas ao saneamento nas propriedades rurais principalmente no que se refere ao tratamento do esgoto gerado. Analisando cada propriedade, individualmente, o esgoto não produz quantidades elevadas de cargas poluidoras, no entanto ao se considerar sua totalidade e as proximidades das residências, é gerado um

montante considerável que muitas vezes é lançado de forma dispersa e sem tratamento no meio ambiente (BERTONCINI, 2008).

É comum nas áreas rurais e em locais não atendidos pelas redes coletoras de esgoto, o uso de fossas negras, e o lançamento do esgoto bruto diretamente no solo ou em corpos d'água e outras técnicas rudimentares, onde o objetivo maior é dar um destino final aos dejetos. Essas técnicas são inadequadas e ineficientes, pois aumentam a probabilidade de incidência de doenças relacionadas ao contato com as excretas provenientes do esgoto sem tratamento, pois possuem alto potencial de contaminação do lençol freático ou de corpos hídricos superficiais que são fonte de abastecimento de água para as residências. No entanto, devido a falta de recursos e de informações, tais métodos são os mais acessíveis e muitas vezes os únicos disponíveis para a população rural (NOVAES *et al.*, 2002).

A carência de investimentos em saneamento na área rural evidencia a necessidade de alternativas de tratamento descentralizado do esgoto doméstico rural utilizando de sistemas com baixo custo de instalação e manutenção e fácil operação (JÚNIOR *et al.*, 2007). Nesse sentido, a Fossa Séptica Biodigestora, vem sendo empregada para melhoria do saneamento nas regiões rurais, a fim de reduzir a carga de matéria orgânica lançada nos corpos hídricos, e a contaminação do solo. Por ter um baixo custo de instalação e fácil manutenção a utilização de biodigestores anaeróbicos trata-se de uma alternativa tangível para a adequação do saneamento no meio rural e possibilitando consequentemente a melhoria da qualidade de vida da população (NOVAES *et al.*, 2002).

A biodigestão anaeróbica representa uma alternativa para o tratamento de efluentes domésticos, podendo ser definida como uma complexa interação entre microrganismos que degradam os diversos componentes orgânicos presentes nos resíduos convertendo-os principalmente metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2) (CÔTÉ *et al.*, 2006). Além de se tratar de um mecanismo acessível para o tratamento descentralizado de esgoto doméstico, quando bem operados os biodigestores geram biofertilizantes, como produto final do processo de estabilização da matéria orgânica que podem ser aplicados na agricultura e metano com potencial de utilização em sistemas de aquecimento e cogeração de energia elétrica (ALVAREZ *et al.*, 2006).

Nesta perspectiva objetivou-se, neste trabalho, implantar um sistema de tratamento individual de esgoto sanitário (fossa séptica biodigestora) em uma residência localizada na Vila Equador, Distrito do Bailique, Município de Macapá.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo desenvolveu-se na comunidade de Vila Equador, situada na Localidade de Igarapé Grande da Terra Grande, Distrito de Bailique, a uma distância de aproximadamente 200 quilômetros do município de Macapá-AP, sob as coordenadas 01°05'41" N e 50°02'21" W, conforme apresentado na Figura 1.

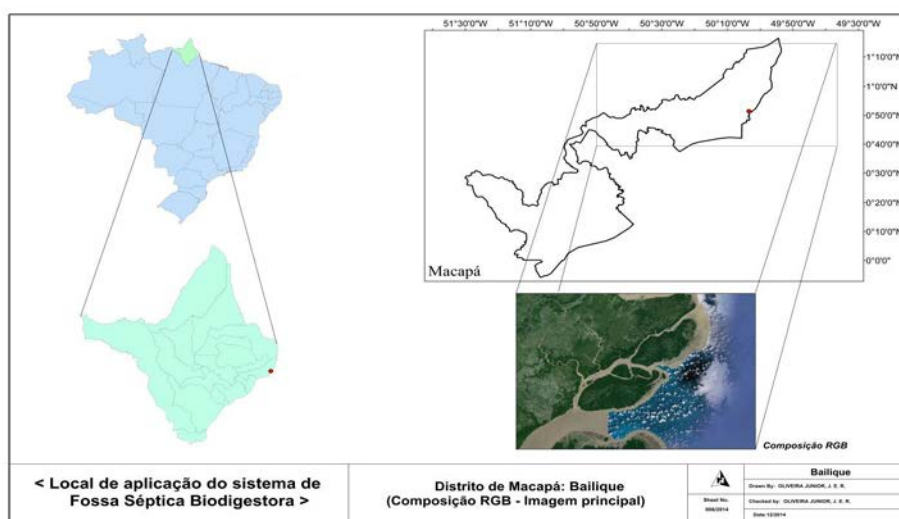


Figura 1: Mapa de localização da área.

Para caracterizar a fonte geradora de efluentes domésticos, constituída pela residência em que foi implantado o sistema, e o local da instalação da fossa séptica biodigestora, foram realizadas visitas ao local e aplicação de entrevista aos moradores visando obter as seguintes informações: características da comunidade, número de moradores, incidência de doenças devido ao contato com a excretas, método de tratamento e disposição final do esgoto utilizado. A estimativa do consumo de água e da produção de efluentes domésticos foi baseada em informações da literatura devido às dificuldades para a obtenção dos valores por meio de visitas e entrevistas.

No sistema foram utilizados materiais facilmente encontrados comercialmente, sendo considerado seu baixo custo e fácil instalação, como, por exemplo, reservatórios de fibra de vidro e tubos e conexões de PVC.

O sistema implantado na residência é composto com quatro caixas de fibra de vidro com capacidade de 1000 L cada, conectadas exclusivamente ao vaso sanitário, (pois a água do banheiro e da pia não têm potencial patogênico e sabão ou detergente tem propriedades antibióticas que inibem o processo de biodigestão) e a uma terceira de 1000 L, que serve para coleta do efluente tratado que possui potencial de ser utilizado como adubo orgânico. As tampas das caixas foram vedadas com borrachas macias do tipo “porta de Kombi”, que foram fixadas com cola de contato e encaixadas perfeitamente às bordas já lixadas das caixas d’água para evitar seu deslocamento por ação de vento e da chuva e com isso não permitir a troca de gases com o ambiente (entrada de oxigênio, o que seria prejudicial ao processo de fermentação). No interior das caixas foi instalado um joelho de 90° para permitir a passagem do efluente de uma caixa para outra, conforme apresenta-se na Figura 2.



Figura 2: Vedação das caixas da Fossa Séptica Biodigestora com borracha macia.

As caixas foram unidas entre si por tubos e conexões de PVC de 100 milímetros, e Tê de inspeção, conforme observa-se na Figura 3. Os “Tês” de inspeção são colocados para que os tubos e conexões sejam facilmente acessados em caso de entupimento do sistema. Os “Tês” foram tampados com cap’s de mesmo diâmetro. Os tubos e conexões foram vedados na junção com a caixa com cola epóxi.



Figura 3: Tê de inspeção e Cap de 100 mm.

No sistema consta ainda três chaminés de alívio colocadas sobre as três primeiras caixas para a descarga do gás acumulado (CH_4). O sistema de alívio, como mostrado na Figura 4, é uma pequena chaminé feita de tubo de PVC soldável de 25 mm que é ligado por um flange à tampa da caixa d'água e fechada com um “cap” de 25 mm com quatro furos de 1 mm.



Figura 4: Sistema com chaminé de alívio dos gases.

O sistema ainda dispõe de um dispositivo denominado válvula de retenção, que consiste em um equipamento instalado antes da primeira caixa e tem como função evitar refluxos de esgoto (Figura 5).

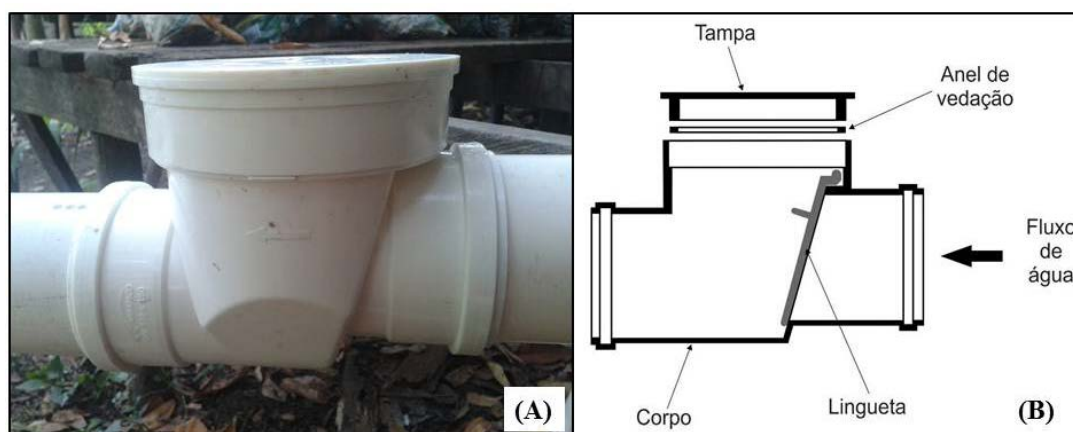


Figura 5: (A) Válvula de retenção de PVC, (B) Desenho esquemático da válvula de retenção. Fonte: Adaptado de TigreCAD (s.d.).

Devido às características regionais e condições climáticas da região amazônica, caracterizada principalmente por temperatura média elevada, foram realizadas algumas alterações no sistema original proposto por Novaes *et al.*, (2002). Por exemplo, não houve necessidade de aterramento do sistema, o mesmo foi disposto na superfície do terreno e não houve necessidade de pintar de preto as tampas das caixas após a montagem de todo o sistema como mostra a Figura 6. Na concepção original tais procedimentos tinham a finalidade de manter o condicionamento térmico e absorver a radiação solar para facilitar o processo de biodigestão.



Figura 6: Sistema com três módulos de fermentação e um de armazenagem do efluente tratado.

Após a instalação do sistema, a primeira caixa foi preenchida com aproximadamente 10 L de uma mistura inoculante contendo 50% de água e 50% esterco bovino fresco, conforme apresenta-se na Figura 7. O objetivo desse procedimento é aumentar a atividade microbiana e consequentemente à eficiência da biodigestão, sendo que o procedimento deve ser repetido a cada 30 dias com 10 L da mistura água/esterco bovino através da válvula de retenção localizada na entrada do sistema. A primeira adição da mistura esterco/água ao sistema foi realizada no dia vinte e quatro de agosto de 2014. Pela válvula de retenção, a mistura seguirá para a primeira caixa, onde sofrerá fermentação, estima-se que esse processo remove cerca 70% dos organismos patogênicos existentes nos dejetos, os 30% restante são eliminados na segunda caixa (NOVAES *et al.*, 2002).



Figura 7: Adição da mistura esterco/água ao sistema.

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO TRATAMENTO

No sistema instalado na comunidade de Equador coletou-se primeiro o efluente bruto lançado na caixa 1, coleta realizada em Agosto de 2014 durante a implantação do sistema, com a finalidade de caracterizar o efluente de entrada para avaliar e comparar suas características com o efluente tratado gerado após o período de biodigestão.

A amostra do efluente tratado foi coletada na caixa 4 passado o período de vinte e quatro dias de biodigestão, ou seja, intervalo de tempo compreendido entre o início do funcionamento do sistema até a chegada do efluente na quarta caixa, a coleta foi realizada no mês de Outubro de 2014. Coletou-se a mesma quantidade de efluente bruto e tratado, sendo 250 mL para análise da matéria orgânica, um litro para análises de parâmetros físico-químicos e 500 mL para análise microbiológica.

As amostras foram nomeadas de acordo com a época de coleta e com relação às caixas do sistema da fossa. A Tabela 1 apresenta a nomenclatura adotada para os pontos de coleta das amostras do efluente.

Tabela 1: Nomenclatura adotada para as amostras do efluente

Nomenclatura	Data da coleta	Inoculante	Caixa	Local de coleta
1P1	Agosto/2014	Esterco bovino	1	Vila Equador
2P4	Outubro/2014		4	

*P – Amostra. Os números iniciais 1 e 2 referem-se, respectivamente, à ordem de coleta das amostras (08/2014 e 10/2014) e os seguintes à letra, às caixas 1 e 4 do sistema.

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os coliformes totais e fecais atuam como indicadores de qualidade do efluente tratado e a eficiência do sistema, sendo expressos em densidade, ou seja, como “número mais provável (NMP) em cada 100 mL de amostra” (NOVAES *et al.*, 2002). Para análises microbiológicas de cada amostra foram executadas a contagem dos coliformes totais e termotolerantes através da técnica de fermentação em tubos múltiplos, também chamada técnica do Número Mais Provável (NMP/100 mL).

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Para caracterização físico-química, foram realizadas análises de DBO, DQO, nitrogênio, fósforo, sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV) e sólidos suspensos fixos (SSF) e pH, de acordo com a metodologia do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2005). Estas análises têm como objetivo principal caracterizar o efluente tratado visando obter a eficiência do sistema e a adequabilidade do efluente para utilização como adubo orgânico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comunidade de Vila Equador está localizada na área rural do município de Macapá-AP, na qual se desenvolvem atividades agrícolas familiares como cultivo de açaí, e também pecuárias como a criação de bovinos e bubalinos. A comunidade é composta por oito famílias totalizando 43 pessoas.

O sistema implantado é ideal para uma família de até cinco pessoas, considerando que ao utilizar o vaso sanitário uma pessoa despeja no mínimo 10 L de água por dia, resultando em aproximadamente 50 L de efluentes/residência.dia lançados nas caixas biodigestoras, gerando uma vazão mensal de 1500 L/residência (NOVAES *et al.*, 2002).

A residência onde foi implantado o sistema contava inicialmente com cinco moradores, sendo quatro adultos e uma criança. A casa possuía um banheiro onde os dejetos eram destinados a uma vala a céu aberto escavada no chão. Como fator característico de áreas rurais sem tratamento de esgoto, na região é muito comum a ocorrência de doenças devido à disposição de excretas a céu aberto, geralmente hepatite e verminoses, principalmente em crianças.

A partir da metade do segundo semestre de 2014 a residência de instalação do sistema passou a funcionar como uma Escola Municipal de Ensino Fundamental, passando a contar, então, com um total de trinta e seis pessoas distribuído entre alunos e funcionários, sendo que desse total apenas dois adultos se mantinham de maneira fixa na residência e os demais de maneira transitória. No entanto, houve um aumento da população contribuinte na produção de esgoto, estimando-se um valor de 80 L de efluentes/residência.dia.

CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO E TRATADO

Na Tabela 2 estão listados os dados obtidos para o efluente bruto da amostra 1P1 (caixa 1 do sistema da fossa) referente à coleta feita em Agosto/2014.

Tabela 2: Caracterização do efluente bruto, amostra 1P1.

PARÂMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Fósforo Total (mg.L^{-1})	Espectrofotometria	1,860
Nitrogênio Amoniacal Total (mg.L^{-1})	Espectrofotometria	0,224
Sólidos suspensos fixos (mg.L^{-1})	Gravimétrico	0,236
Sólidos suspensos voláteis (mg.L^{-1})	Gravimétrico	0,342
Sólidos suspensos totais (mg.L^{-1})	Gravimétrico	0,435
DBO ₅ (mg.L^{-1})	Encubação 5 dias	71
DQO (mg.L^{-1})	Oxidação-Dicromato	109
pH	Potenciometria	8,67
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Tubos múltiplos	>1100
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Tubos múltiplos	>1100
Temperatura da amostra (°C)	-	22,9
Temperatura ambiente (°C)	-	29

Observa-se pelos resultados da caracterização do efluente bruto que o mesmo apresenta características semelhantes a outros trabalhos (HANAEUS *et al.*, 1997; HENZE, 1997; BUENO *et al.*, 2005), evidenciando a necessidade de remoção principalmente dos organismos indicadores de contaminação fecal (CT e CF) e matéria orgânica.

Em comparação aos valores apresentados por Júnior *et al.*, (2007), em análises de efluentes sanitários em sistemas modulares de tratamento anaeróbio implantados na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI/UNICAMP), os valores da amostra 1P1, mostraram-se bastante inferiores para os parâmetros de DQO, SST, Nitrogênio Total e Fósforo com valores de 316 mg.L^{-1} , 84 mg.L^{-1} , $42,50 \text{ mg.L}^{-1}$ e $8,31 \text{ mg.L}^{-1}$, respectivamente.

Silva e Nour (2005) também obtiveram resultados bastante elevados para caracterização de parâmetro físico-químicos e microbiológicos de efluente bruto em biodigestor anaeróbio. Para a matéria orgânica os valores foram de 13160 mg.L^{-1} de DBO e 8594 mg.L^{-1} de DQO, para os SSF, SSV E SST apresentaram valores de 1968 gm.L^{-1} , 6367 mg.L^{-1} e 8335 mg.L^{-1} respectivamente e um valor de $5,7 \times 10^{12}$ UFC/100 mL para os coliformes totais. Com relação ao nitrogênio amoniacal e fósforo total os valores variaram entre 337 gm.L^{-1} e 208 gm.L^{-1} , respectivamente.

A caracterização do efluente tratado está listada na Tabela 3, os dados são referentes à amostra 2P4 (caixa 4 do sistema da fossa) referente à coleta feita em Outubro/2014.

O efluente passou por um período de biodigestão de vinte e quatro dias, intervalo de tempo compreendido entre o início do funcionamento do sistema até a chegada do efluente na terceira caixa. De acordo com Schoken-Iturrino *et al.*, (1995 *apud* NOVAES *et al.*, 2002) o sistema dimensionado permite que o material depositado nas caixas fermente por no mínimo 20 dias, período suficiente para uma completa digestão, permitindo que o efluente possa ser utilizado como um adubo orgânico em plantações a custo praticamente zero.

Tabela 3: Caracterização do efluente tratado, amostra 2P4.

PARÂMETROS	MÉTODO	RESULTADO
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	0,61
Nitrogênio Amoniacal Total (mg.L ⁻¹)	Espectrofotometria	0,091
Sólidos suspensos (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	0,092
Sólidos voláteis (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	0,230
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	Gravimétrico	0,286
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	Encubação 5 dias	31
DQO (mg.L ⁻¹)	Oxidação-Dicromato	98
pH	Potenciometria	7,97
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Tubos múltiplos	>1100
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	Tubos múltiplos	>1100
Temperatura da amostra (°C)	-	23,1
Temperatura ambiente (°C)	-	29

A partir da caracterização dos parâmetros físico-químicos fez-se um comparativo entre as duas amostras para avaliar a eficiência do sistema, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Comparativo da caracterização das amostras do efluente.

PARÂMETROS	AMOSTRA	
	1P1	2P4
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	1,860	0,61
Nitrogênio Amoniacal Total (mg.L ⁻¹)	0,224	0,091
Sólidos suspensos (mg.L ⁻¹)	0,236	0,092
Sólidos voláteis (mg.L ⁻¹)	0,342	0,230
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	0,435	0,286
DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	71	31
DQO (mg.L ⁻¹)	109	98
pH	8,67	7,97
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	>1100	>1100
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL)	>1100	>1100
Temperatura da amostra (°C)	22,9	23,1
Temperatura ambiente (°C)	29	29

A partir dos dados da Tabela 4 percebe-se que os valores de pH na amostra 1P1 (primeira caixa) e 2P4 (última caixa) com valores de 8,67 e 7,97 e respectivamente, conferem ao efluente um caráter levemente alcalino, característica similar foi apresentada por Faustino (2007).

Segundo Silva *et al.*, (2011) os valores de pH de um biodigestor giram em torno de 7,00. No caso do efluente da fossa biodigestora, provavelmente pela concentração de íon NH₄⁺ proveniente da degradação biológica da ureia contida na urina, obteve esta característica alcalina. Alguns outros sais de ácidos fracos (acetato, formiato, propionato, entre outros.) também podem colaborar para esta característica. Este é um aspecto

interessante porque o efluente tratado, quando aplicado no solo como fertilizante, irá atuar corrigindo ligeiramente a acidez do solo, melhorando, desta forma, seus aspectos agrícolas.

Os valores para as concentrações de N-NH_4 para o efluente tratado apresentaram-se bastante inferiores aos obtidos por Metcalf & Eddy (1991) e Sousa *et al.*, (2001), onde os esgotos tratados utilizados em irrigação continham concentrações de nitrogênio amoniacal de 56 a 37 mg.L^{-1} . Concentrações elevadas de nitrogênio amoniacal também foram apresentadas por Faustino (2007) em sistemas inoculados por esterco bovino, variando entre 269 a 562 mg.L^{-1} . Segundo Sousa *et al.*, (1998) quando o solo apresenta certa capacidade de armazenamento de nitrogênio e presença de matéria orgânica, pode parecer vantajoso utilizar-se, na irrigação, efluente contendo mais nitrogênio amoniacal que nitrogênio na forma de nitrato, uma vez que as plantas assimilam nitrogênio nas formas de nitrato e íon amônio. Desta maneira, o uso de efluente em culturas tem o mesmo efeito do nitrogênio aplicado na forma de fertilizante.

Os teores de matéria orgânica do efluente tratado, representados pela DQO e DBO_5 , amostra 2P4, apresentaram valores de 109 e 71 mg.L^{-1} , respectivamente. Esses resultados são inferiores aos obtidos por Faustino (2007), em sistemas de fossas sépticas biodigestoras nos quais os efluentes tratados utilizados em irrigação continham concentrações de matéria orgânica variando entre 605 mg.L^{-1} para DQO e 191 mg.L^{-1} para DBO. Da mesma forma os efluentes dos esgotos tratados utilizados por Sousa *et al.*, (2001) para a irrigação de cultura do arroz continham altas concentrações de matéria orgânica (428 mg.L^{-1} de DQO e 155 mg.L^{-1}) se comparados ao efluente da fossa séptica biodigestora. O efluente tratado na fossa séptica instalado na Vila Equador apresentou uma eficiência de remoção de aproximadamente 56,3% para DBO e de 10,1% para DQO.

De acordo com a Tabela 3 não houve redução nos valores de coliformes totais e termotolerantes, comparando-se o início (Amostra 1P1) e o final do processo de biodigestão (amostra 2P4). No entanto, os valores obtidos em efluentes tratados no estudo de Sousa *et al.*, (2001) utilizados como biofertilizante, apresentavam grandes concentrações de coliformes termotolerantes (10^7 a 10^5 UFC/100 m.L^{-1}), sendo que a cultura de arroz irrigada não apresentou indicadores de coliformes fecais.

Por outro lado Silva *et al.*, (2011) e Novaes *et al.*, (2002) apresentaram uma redução de 99,9% nas concentrações de coliformes termotolerantes, uma redução bastante significativa. No entanto, a proposta de aplicar o efluente no solo como componente para fertirrigação proporciona um tratamento terciário do efluente, devido a capacidade depurante do solo (HAIG *et al.*, 2011).

Os resultados do presente estudo mostraram que a fossa séptica biodigestora não eliminou por completo os coliformes presentes no esgoto, apesar de ter capacidade de reduzir de forma bastante considerável este número (SILVA *et al.*, 2011; NOVAES *et al.*, 2002). A presença de coliformes termotolerantes pode implicar em alguma patogenicidade do líquido tratado, caso não seja corretamente manejado, o que também impede que o líquido seja descartado diretamente em cursos d'águas.

EFLUENTE TRATADO COMO FERTILIZANTE AGRÍCOLA

Um dos mais importantes documentos acerca da reciclagem agrícola do esgoto tratado foi elaborado por Bastos *et al.*, (2003) integrante do Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, cujos objetivos principais visavam não só promover melhorias nos sistemas de coleta, tratamento e disposição de resíduos sólidos e esgoto, mas também desenvolver propostas sobre como reciclar estes resíduos. Um dos documentos apresentados discute justamente a reciclagem do esgoto tratado para fins agrícolas sendo utilizado como referência no trabalho de reciclagem agrícola do efluente tratado pela Fossa Séptica Biodigestora (FLORÊNCIO *et al.*, 2006).

Segundo as diretrizes do PROSAB, dependendo das características do efluente tratado, o líquido pode ser utilizado em (i) irrigação irrestrita, com uso em qualquer tipo de cultura ou (ii) irrigação restrita, pela qual o efluente apresenta características remanescente de contaminação microbiana, podendo assim ser utilizado em irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura que não seja ingerida crua, incluindo culturas alimentícias ou não alimentícias, forrageiras, pastagens e árvores. Na irrigação restrita, o efluente deve ter uma quantidade de coliformes termotolerantes igual ou inferior a 10^4 UFC/100 mL e até um ovo viável de helminto por litro de efluente tratado. Parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química

de Oxigênio (DQO) e Sólidos Suspensos Totais (SST) não tem valores limites para uso do líquido como fertilizante segundo tais diretrizes.

Nesse sentido, os valores obtido para o efluente tratado na fossa séptica biodigestora instalada na comunidade de Vila Equador-Bailique, apresentaram uma concentração de coliformes totais e termotoloreantes de pouco mais de 1100 UFC/ 100 mL, que o torna viável para uso em irrigação restrita, conforme proposto pelo PROSAB.

O uso do efluente tratado, no médio e longo prazo, beneficia a fertilidade do solo segundo diversos critérios. O primeiro efeito está relacionado à acidez do solo, como o efluente possui característica ligeiramente alcalina, seu uso continuado tenderá a aumentar o valor do pH dos solos ácidos, muito comuns no Brasil e regiões de clima tropical. Estudos mostram que o uso do efluente pode aumentar em até duas unidades o pH do solo (FAUSTINO, 2007). Geralmente, o pH se estabiliza em valores próximos de 6, dependendo das características do solo e da taxa de aplicação. Assim, o uso do efluente tratado pela Fossa Séptica Biodigestora possibilita dois efeitos importantes, a correção do pH do solo e a maior absorção de fósforo pela planta, devido justamente à esta correção (MELO *et al.*, 2009). Entretanto, o efeito corretivo do pH não é durável como o gerado pela aplicação de calcário, sendo perdido caso ocorra descontinuidade de aplicação.

O mais importante papel fertilizante do esgoto tratado pela Fossa Séptica Biodigestora está relacionado aos nutrientes contidos no efluente. Além de Nitrogênio e Fósforo, o líquido tratado apresenta também uma série de micronutrientes como potássio, cobre, manganês, magnésio, zinco, etc., (FAUSTINO, 2007).

De maneira geral o sistema de Fossa Séptica Biodigestora apresenta-se como uma alternativa para a melhoria das condições de tratamento de esgoto na área rural. A simplicidade de instalação e manutenção atrelados a custos relativamente acessíveis são fatores que podem vir favorecer a adoção por parte da população, mesmo em regiões mais isoladas.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que o efluente gerado pelo sistema de Fossa Séptica Biodigestora apresentou composições variáveis comparados a outros sistemas, considerando suas características microbiológicas e físico-químicas. Os valores obtidos para os sólidos e matéria orgânica, representados pela DBO e DQO, mostraram-se relativamente baixos, por outro lado no processo de biodigestão ao longo do sistema observou-se que não ocorreram alterações nos parâmetros microbiológicos, tendo em vista a possível não redução dos agentes patogênicos.

De acordo com as diretrizes do PROSAB, considerando que concentrações de DBO, DQO e SST não tem valores limites para uso do efluente tratado como fertilizante e os valores de restrição para as concentrações referentes aos coliformes totais e termotolerantes ficaram dentro do delimitado, o efluente tratado na fossa séptica biodigestora instalada na comunidade de Vila Equador-Bailique, apresentou-se viável para uso em irrigação restrita.

Outro ponto importante que contribui para o uso do esgoto doméstico tratado como fertilizante é a quantidade relativamente elevada de nitrogênio e fósforo presente, que geralmente são encontradas no efluente tratado pelo sistema, o que impossibilita o descarte diretamente em cursos de água e potencializa o uso agrícola como fertilizante para o solo. A principal vantagem da utilização de efluentes na agricultura reside na recuperação de um recurso de grande importância para a agricultura – a água. Além disso, os constituintes desses efluentes que podem aumentar a fertilidade dos solos devido a presença de nutrientes e de matéria orgânica, cuja degradação proporcionará a disponibilização mais controlada destes nutrientes. Sendo assim, a reutilização do efluente, além de ser uma alternativa mais adequada sob o aspecto ambiental também é muito útil do ponto de vista agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVAREZ, R. *et al.* Biogas production from llama and cow manure at high altitude. *Biomass and Bioenergy*, v. 30, n. 3, p. 66-75, 2006.
2. APHA- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19.ed. Washington: American Public Health Association, 2005.
3. BASTOS, R. K. X. *et al.* Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. Rio de Janeiro, ABES: Projeto PROSAB, 2003. 253 p.
4. BERTONCINI, E. I. Tratamento de Efluentes e Reuso da Água no Meio Agrícola. *Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária*. Piracicaba, 2008.
5. BUENO, F. B. A. *et al.* Avaliação de técnicas para tratamento da urina humana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande-MS. Anais... Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/II-105.pdf>>. Acesso em set. 2014.
6. CÔTÉ, C. *et al.* Reduction of indicator and pathogenic microorganisms by psychrophilic anaerobic digestion in swine slurries. *Bioresource Technology*, v. 97, n. 1, p. 686-691, 2006.
7. FAUSTINO, A. S. Estudos físico-químicos do efluente produzido por fossa séptica biodigestora e o impacto do seu uso no solo. São Carlos. 2007. Dissertação de Mestrado em Química Analítica. Universidade Federal de São Carlos, 120 p.
8. FLORÊNCIO, L. *et al.* Tratamento e Utilização de Esgotos Sanitários. Rio de Janeiro, ABES: PROSAB, 2006.
9. HAIG, N. Manual for Septic System Professionals in Minnesota, Section 3: Sewage Treatment Utilizing Soil. 2nd Ed. St. Paul, MN, p. 3-1 a 3-40, 2011.
10. HANAEUS, J. *et al.* A study of a urine separation system in an ecological village in northern Sweden. *Water Science and Technology*, v. 35, n. 9, p. 153-160, 1997.
11. HENZE, M. Waste design for households with respect to water, organics and nutrients. *Water Science and Technology*, v. 35, n. 9, p. 113-120, 1997.
12. IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico – 2010. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.
13. JÚNIOR, A. J. *et al.* Avaliação do Desempenho de dois Sistemas Modulares no Tratamento Anaeróbio de Esgotos em Comunidades Rurais. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 794-803, set./dez, 2007.
14. MELO, V. F.; CASTILHOS, R. M. V.; PINTO, L. F. S. Reserva Mineral do Solo In: MELO, V. F.; ALLEONI, L. R. F. Química e Mineralogia do Solo. Viçosa: SBCS, p. 251-332, 2009.
15. METCALF & EDDY, Inc. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse. McGraw-Hill International Editions, 3ed., New York, 1991.
16. 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.
17. SCHOKEN-ITURRINO, R. P. *et al.* Biodigestores contínuos: isolamento de bactérias patogênicas no efluente. *Engenharia Agrícola*, Campinas, v. 15, p. 105-108, 1995.
18. SILVA, G. H. R.; NOUR, E. A. A. Reator compartimentado anaeróbio/ aeróbio: Sistema de baixo custo para tratamento de esgotos de pequenas comunidades. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, n. 2, p. 268-275, 2005.
19. SILVA, W. T. L. *et al.* Avaliação Físico-Química de Efluente gerado em Biodigestor Anaeróbio para fins de Avaliação de Eficiência e Aplicação como Fertilizante Agrícola. *Química Nova*, vol. 35, p. 35-40, 2011.
20. SOUSA, J. T. *et al.* Tratamento de esgotos sanitários por filtro lento, objetivando produzir efluente para reuso na agricultura, In: Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.1, t.1, p.317-327, João Pessoa-PB, 1998.
21. SOUSA, J. T.; LEITE, V. D.; LUNA, J. G. Desempenho da cultura de arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 5, n. 1, p. 107-110, 2001.
22. TIGRE. Desenho técnico válvula de retenção. Disponível em: http://www.tigre.com.br/pt/produtos_unico.php?cpr_id=10&cpr_id_pai=4&lnh_id=9&prd_id=727. Acesso em Abr. 2015.