Recital

Revista de Educação,
Ciência e Tecnologia de Almenara/MG.

BENEFÍCIOS OPORTUNIZADOS COM O EMPREGO DE UM PEQUENO BIODIGESTOR EM PROPRIEDADES RURAIS DO NORTE DE MINAS GERAIS

Benefits opportunized with the employment of a small biodigestor in rural properties in the north of Minas Gerais

Magnovaldo Carvalho LOPES
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Salinas
magnovaldo.lopes@ifnmg.edu.br

Eduarda Ferreira de OLIVEIRA
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Salinas
dudahkha@gmail.com

Arnald Pinho de OLIVEIRA
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Salinas
arnaldpinho@hotmail.com

Cláudia Emanuele Machado CAMARGOS
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Salinas
claudia.emanuele90@gmail.com

Resumo
A região do Alto Rio Pardo está situada no Norte de Minas Gerais e tem como característica marcante a presença de um clima bastante seco e solos pouco férteis. Este resultado é decorrente dos seus solos arenosos, além de um potencial hidrogeniônico (pH) baixo que necessitam de adubação e fertilização não espontânea. Apesar dessas peculiaridades, a geração de renda das famílias das comunidades rurais existentes nesse local é proveniente da produção agrícola e agropecuária. Este projeto apresenta uma alternativa para atenuar essas condições adversas a partir da implantação de um biodigestor fabricado com materiais de baixo custo em pequenas

propriedades rurais. O biodigestor além de produzir o gás metano, que poderá ser utilizado na propriedade em substituição ao gás de cozinha, também produzirá um biofertilizante que contribuirá com o aumento da fertilidade do solo. Resultados preliminares da análise de substrato indicaram a ocorrência de hidrólise e um valor de pH adequado à continuidade do processo de biodigestão anaeróbica.

Palavras-chave: Biodigestor. Biogás. Biofertilizante.

Abstract

The Alto Rio Pardo region is located in the North of Minas Gerais and has as a striking feature the presence of a very dry climate and poorly fertile soils. This is due to its sandy soils, in addition to a low potential for hydrogen (pH) that requires non-spontaneous fertilization. Despite these peculiarities, the income generation of families in the rural communities that exist in this location comes from agricultural and livestock production. This project presents an alternative to these adverse conditions, with the implementation of a biodigester manufactured with low-cost materials, in the countryside. The biodigester, in addition to producing methane gas, that can be used on the property to replace cooking gas, will also produce a biofertilizer that will contribute to increasing soil fertility. Preliminary results of the substrate analysis indicated the occurrence of hydrolysis and an adequate pH value for the continuity of the anaerobic biodigestion process.

Keywords: Biodigester, Biogas, Biofertilizers.

INTRODUÇÃO

Situada no Norte de Minas Gerais, a região do Alto Rio Pardo é caracterizada por um clima bastante seco e de solos pouco férteis, arenosos, que necessitam constantemente de correção e adição de adubos. Mesmo diante dessas dificuldades, muitas famílias vivem em comunidades rurais e sobrevivem dos produtos que plantam neste solo e do gado que criam (SANTOS; GARCIA, 2016).

Pensando em um aumento na produtividade rural, a elaboração de projetos e tecnologias acessíveis de baixo custo pode ser uma estratégia a ser aplicada para agregar melhorias na vida dessas pessoas. Somado a isso, a criação destes projetos tem como propósito buscar, de forma independente ou conciliada, aprimoramentos à pesquisa, ao ensino e à extensão na região, visto que, para instituições de ensino nessa região, essas ações integradas são tidas, ainda, como carentes quando comparadas a outras regiões do país.

O Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG) tem um papel importantíssimo na mudança dessa realidade, uma vez que esta Instituição tem o dever de colaborar com o desenvolvimento regional, agregando conhecimento técnico para que a população local possa aperfeiçoar suas técnicas de produção, sejam elas na agricultura ou na pecuária.

Diante deste contexto, o desenvolvimento de um biodigestor de baixo custo, que se enquadre às características da região, é de suma importância. Com o seu desenvolvimento, um melhor aproveitamento dos dejetos da criação poderá ser alcançado a partir da sua produção de gás metano ($CH_{4(g)}$) como principal produto. Este gás poderá ser utilizado em substituição ao gás

de cozinha nas residências. Além disso, também poderá ser empregado como produto secundário na produção de um biofertilizante (adubo orgânico) que se destaca na sua capacidade de fertilização do solo.

A partir desta motivação, e de posse de um biodigestor, o produtor rural poderá produzir o seu próprio gás, aumentando a sua renda e melhorando a fertilidade do solo com a utilização do biofertilizante. Como consequência, tal ação contribuiria para o desenvolvimento, não apenas social e econômico da região, mas também na melhoraria da qualidade do ensino deixando-o mais significativo. Um ensino vinculado a uma ação interdisciplinar e, ao mesmo tempo, prático pode ser utilizado como uma ferramenta de ensino atraente e de caráter social no IFNMG e demais instituições.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 PERFIL DO SOLO E FAMÍLIAS DO NORTE DE MINAS

A mesorregião do Norte de Minas Gerais, conhecida como Alto Rio Pardo, é formada pela união de 89 municípios, que, por sua vez, abrange 66 microrregiões, segundo o quadro vigente entre 1989 e 2017 (IBGE, 2016). Nessa região, a agricultura e a pecuária de pequeno porte se destacam como as principais atividades econômicas. Ao analisar o seu Produto Interno Bruto (PIB), verifica-se um dos menores valores de renda média da população brasileira, algo da ordem de menos de 0,5 salário mínimo (CROCCO *et al.*, 2013).

Nessa região observa-se o predomínio da vegetação de matas secas e, também, de mata atlântica (VILELA *et al.*, 2009). Do ponto de vista social e cultural, esta área é marcada pela presença de fazendas de gado que circunscrevem as comunidades rurais e, na maioria das vezes, conservam grandes áreas campesinas. Nestas áreas vivem os agregados que são trabalhadores de produção autônoma dentro da fazenda (RIBEIRO, 1997).

Em geral, os solos da região semiárida norte mineira são pouco desenvolvidos e rasos, apresentando restrições físicas devido ao afloramento rochoso, bem como reduzidos teores de matéria orgânica necessitando de correções como adubação (BASTOS *et al.*, 2012). O processo de adubação do solo é realizado principalmente através do esterco animal disponível nas propriedades de cultivo (CASTRO *et al.*, 2005).

Um dos instrumentos indicados para um aprimoramento dessa técnica é o biodigestor. Este equipamento trará um maior aproveitamento dos dejetos da criação. De acordo com Gardoni e Azevedo (2019), os biodigestores produzem um adubo orgânico que se destaca na capacidade de fertilização do solo e, não apenas isso, os biodigestores tem como produto principal a obtenção do gás metano que poderá ser utilizado, como, por exemplo, em substituição ao gás de cozinha nas residências.

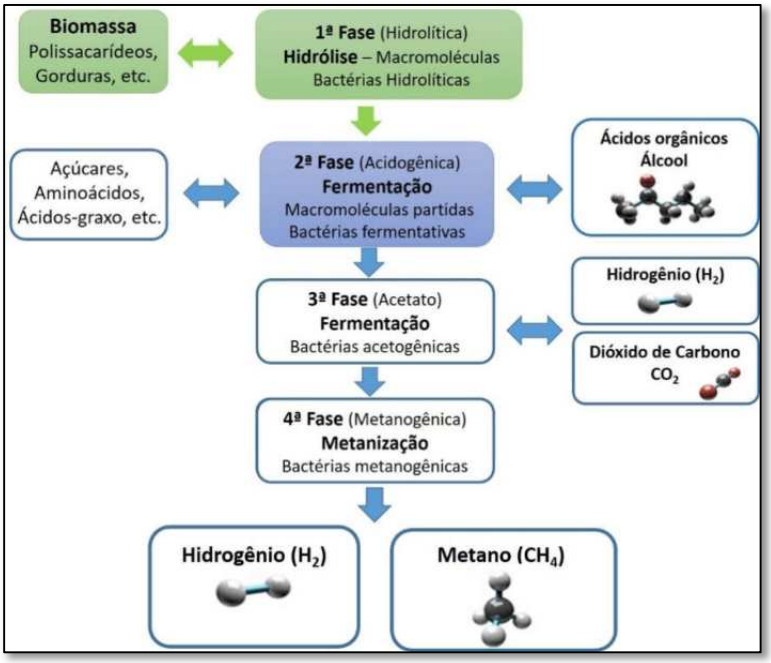
Bonturi e Dijk (2012) reforçam que, os biodigestores são ideais para serem empregados em comunidades rurais. É nesses espaços que se encontram criações de animais com maior facilidade e, ainda, para os setores de mais baixa renda, uma maior intensidade nos impactos da elevação no custo do gás de cozinha (GLP).

1.2 PROCESSO DE DIGESTÃO PARA A PRODUÇÃO DE BIOGÁS

O biogás é constituído em sua maior parte por metano, 65%, e dióxido de carbono (CO_2), 35%, ainda podendo ser encontrado outros gases, mas estes não apresentam concentrações superiores a 1% (METZ, 2013). Dentre estes outros gases podem ser encontrados: hidrogênio, nitrogênio, gás sulfídrico e amônia (PERMINIO, 2013).

Para o funcionamento de um biodigestor são necessárias quatro etapas para a sua efetividade. O processo acontece através da digestão de bactérias anaeróbicas. As quatro fases são: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese, como pode ser observado na Figura 1 (KUNZ *et al.*, 2019).

Figura 1 - Fases e grupos microbianos da digestão anaeróbia.



Fonte: Adaptado de SOUZA; SCHAEFFER (2015).

Vale ressaltar que, segundo Pereira *et al.* (2016), uma quinta fase pode ser observada; em alguns casos acontece a sulfetogênese, um processo que ocorre na presença de enxofre e de bactérias redutoras de sulfatos. Essa fase é extremamente indesejável, pois compete com a acetogênese e metanogênese.

1.2.1 Hidrólise

Na química, o processo de hidrólise é descrito como a reação de uma substância com água, decompondo-a, quando um cátion (M^+) ou ânion (L^-) reage formando uma substância neutra com a liberação de H^+ ou OH^-, como apresentado na Figura 2, ou simplesmente a alterando. Como exemplo, essas alterações são descritas nos ramos das engenharias ambientais e sanitárias como a transformação da matéria orgânica em compostos de menor peso molecular (SILVA, 2009).

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

Figura 2 – Reação de Hidrólise.

$$M^+ + H_2O \rightarrow MOH + H^+$$
$$L^- + H_2O \rightarrow HL + OH^-$$

Fonte: Adaptado de SILVA (2009).

Nessa etapa, 1ª Fase descrita na Figura 1, as substâncias de alto peso molecular, isto é, polímeros naturais como lipídios, polissacarídeos e proteínas são convertidas a monômeros mais simples e solúveis (KUNZ *et al.*, 2019). De acordo com Silva (2009) e Haandel e Lettinga (1994), na hidrólise, os monômeros obtidos dependem do substrato de partida. As proteínas são transformadas em aminoácidos; os carboidratos em açúcares e os lipídeos se convertem em ácidos graxos de grandes cadeias carbônicas.

O tempo de duração dessa etapa não é estático em todos os biodigestores ou processos de digestão. O seu valor varia de acordo com o substrato presente, sendo de algumas horas para carboidratos, dias para lipídeos e muito lentas em lignoceluloses e ligninas (KUNZ *et al.*, 2019).

1.2.2 Acidogênese

Na etapa da 2ª Fase (Figura 1), ocorre a fermentação acidogênica. A maioria dos micro-organismos presentes na fase hidrolítica também estão presentes nesse meio reacional. Os monômeros provenientes dos polímeros naturais (macromoléculas), degradados na hidrólise, tais como: açúcares, aminoácidos, peptídeos, gorduras entre outros são novamente fermentados anaerobicamente. Como resultado, são convertidos a: álcoois, óxidos de nitrogênio, sulfeto de hidrogênio (H_2S), hidrogênio (H_2), dióxido de carbono e ácidos orgânicos, como ácido butírico ($C_4H_8O_2$), propiônico (CH_3CH_2COOH), acético (CH_3COOH) e além de novas células bacterianas (KUNZ *et al.*, 2019).

As mais importantes reações que acontecem na digestão anaeróbia envolvem a formação dos ácidos orgânicos, como exemplo a glicose ($C_6H_{12}O_6$) reagindo com água, formando ácido acético. Este, por sua vez, ioniza-se com água em acetato bicarbonato, cátion hidrogênio e formando gás hidrogênio (KUNZ *et al.*, 2019), como observado na reação 1 abaixo:

$$C_6H_{12}O_6 + 4H_2O \longrightarrow 2CH_3COO^- + 2HCO_3^- + 4H^+ + 4H_2 \qquad (1)$$

Além da glicose formar os produtos descritos na reação 1, 4 moléculas de água para uma molécula de glicose, outra proporção estequiométrica pode ocorrer entre a glicose e a água, como, por exemplo, ao reagir uma molécula de glicose com apenas duas moléculas e produzir o ácido butírico, que posteriormente ioniza-se em água (KUNZ *et al.*, 2019), conforme equação 2:

$$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \longrightarrow CH_3CH_2CH_2COO^- + 2HCO_3^- + 3H^+ + 2H_2 \qquad (2)$$

Além desses dois ácidos descritos anteriormente, a digestão da glicose, também pode produzir o ácido propiônico ionizado em água (KUNZ *et al.*, 2019), equação 3:

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

$$3\ C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 4CH_3CH_2COO^- + 2CH_3COO^- + 2CO_2 + \\ + 2H_2O + 2H^+ + H_2 \quad (3)$$

A formação de produtos provenientes da glicose pode ser influenciada pela pressão parcial do gás hidrogênio, uma vez que este pode formar intermediários e ainda serem prejudiciais ao processo de fermentação. Como, por exemplo, o estado oxidativo dos produtos, no qual, tem-se a relação de que, quanto maior a pressão de gás hidrogênio menos acetato é formado (LUSTOSA; MEDEIROS, 2014).

1.2.3 Acetogênese

A terceira etapa, 3ª Fase (Figura 1), é realizada por um grupo de bactérias chamadas acetogênicas. Nesta condição reacional, os ácidos de cadeias longas obtidos na segunda fase são degradados em ácido fórmico e acético. Diferentemente da segunda etapa, na acetogênese, a maior parte das reações são endotérmicas (KUNZ *et al.*, 2019).

Em síntese, a acetogênese age como uma etapa de aprimoramento da acidogênese. Esta reaproveita os ácidos de cadeias maiores reduzindo-os em ácidos menores e em dióxido de carbono. Estes produtos gerados são importantes, pois são estes os substratos empregados na próxima fase para a produção de gás metano. Nessa etapa, é possível destacar três reações de degradação para a produção de ácido acético (acetato em meio aquoso) e de dióxido de carbono. Na primeira, o etanol sofre a ação das bactérias acetogênicas sendo oxidado e, por fim, ionizado resultando na formação de acetato (KUNZ *et al.*, 2019), equação 4.

$$CH_3CH_2OH + H_2O \longrightarrow CH_3COO^- + H^+ + 2H_2 \quad (4)$$

De forma mais comum, os ácidos propanóicos, equação 5, e butílico, equação 6, são transformados em acetato que é um ácido de cadeia mais curta e menor peso molecular em relação aos de partida (KUNZ *et al.*, 2019).

$$CH_3CH_2COO^- + 3H_2O \longrightarrow CH_3COO^- + H^+ + 3H_2 + HCO_3^- \quad (5)$$

$$CH_3CH_2CH_2COO^- + 2H_2O \longrightarrow 2CH_3COO^- + H^+ + 2H_2 \quad (6)$$

Por último, o bicarbonato produzido na acidogênese, equação 7, reage com quatro moléculas de gás hidrogênio na presença de H^+ para formar o acetato. Ressalta-se que esta é a única reação exotérmica da acetogênese (KUNZ *et al.*, 2019).

$$2HCO_3^- + 4H_2 + H^+ \longrightarrow CH_3COO^- + 4H_2O \quad (7)$$

1.2.4 Metanogênese

A metanogênese é a última fase do processo de digestão anaeróbia, a qual ocorre a partir de microrganismos metanogênicos para a formação do gás metano e gás carbônico. Para que a fase metanogênica ocorra de maneira efetiva e produza o biogás, é necessário que esta esteja em condições predominantemente anaeróbicas. Esta condição é importante, pois as bactérias que

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

atuam nessa etapa são diferentes das bactérias atuantes nas etapas anteriores. Outro ponto a se considerar é que estes microrganismos são muito sensíveis a mudanças bruscas do potencial hidrogeniônico, pH, e não atuam na presença de oxigênio molecular, O_2 (LUSTOSA; MEDEIROS, 2014).

Na fase metanogênica, para a formação de metano, o gás pode ser formado a partir de três principais substratos: o ácido acético, equação 8, o metanol, equação 9, e o gás carbônico equação 10, (SILVA, 2009), como nas seguintes reações:

$$4HC\,CH_3COO^- + H^+ \longrightarrow CH_4 + CO_2\,H_2O \quad (8)$$

$$4CH_3OH \longrightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2H_2O \quad (9)$$

$$CO_2 + 4H_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O \quad (10)$$

1.3 BIOGÁS

O biogás é um combustível não fóssil produzido a partir de um processo biológico pela decomposição de matéria orgânica, mais conhecida como biomassa ou substrato. Esse produto é proveniente de vegetais lenhosos e não lenhosos, de resíduos industriais orgânicos, da agricultura, da agropecuária, de animais, do lixo doméstico, dentre outros (ANEEL, 2009). É importante ressaltar que o tipo de substrato influencia significativamente no produto final gerado, visto que diferentes substratos têm maior poder energético do que outros. A pureza do substrato também interfere na qualidade e na produção do biogás, uma vez que um substrato contaminado pode matar os microrganismos que são responsáveis pela degradação de uma determinada matéria orgânica (Santos *et al.*, 2017).

O biogás obtido é considerado uma fonte energética renovável e limpa, uma vez que é proveniente de recursos naturais abundantes no planeta (ANEEL, 2009). A utilização do biogás como fonte energética é uma excelente alternativa sustentável, já que seu emprego diminui a utilização de recursos fósseis não renováveis, como: petróleo, gás natural, carvão mineral, entre outros.

Oliveira (2009) chama a atenção sobre a importância do poder calorífico do biogás sem a presença do gás carbônico. O poder calorífico do biogás pode variar de 20.920 kJ/m^3 a 29.288 kJ/m^3, mas, se removido o gás carbônico da mistura gasosa, esta pode ter um poder calorífico de 50.208 kJ/m^3. O aumento do poder calorífico proporciona uma melhor eficiência energética aumentando o conjunto de utilização do biogás como, por exemplo, a substituição do gás liquefeito de petróleo (GLP). O biogás poderá substituir o GLP como combustível para motores de combustão interna, geração de energia elétrica, combustível para fins industriais, entre outras aplicações.

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

1.4 BIOFERTILIZANTE

Em 18 de fevereiro de 1982, o Ministério da Agricultura, através do decreto nº 86.955, definiu a partir do artigo 3º e dos incisos, I e IV, o conceito para fertilizantes e biofertilizantes, respectivamente.

> Para os efeitos deste Decreto, considera-se:
> I - FERTILIZANTE - substância mineral ou orgânica, natural ou sintética, fornecedora de um ou mais nutrientes das plantas;
> IV - ESTIMULANTE OU BIOFERTILIZANTE - produto que contenha princípio ativo ou agente capaz de atuar, direta ou indiretamente, sobre o todo ou parte das plantas cultivadas, elevando a sua produtividade. (BRASIL, 1982)

É possível também encontrar definições ainda mais específicas. Na percepção de Ricci e Neves (2004), o biofertilizante é o resíduo originado após a fermentação de matéria orgânica em um biodigestor. Para os autores, nesse tipo de digestão, a quantidade final de nitrogênio obtida é muito maior, uma vez que as bactérias anaeróbicas utilizam uma menor quantidade de nitrogênio do resíduo orgânico. A presença de mais nitrogênio no biofertilizante produzido é tida como um ponto positivo para a sua aplicação.

De maneira geral, quando se trata de fertilização, os nutrientes necessários para um bom fertilizante são geralmente: nitrogênio (N); fósforo (P) e potássio (K). Isso porque cálcio e magnésio são supridos por calagem, e os outros micronutrientes são geralmente encontrados em concentrações necessárias no solo, destacando-se apenas o enxofre, que pode ser requerido em culturas mais exigentes, cabendo, assim, ao fertilizante suprir o seu fornecimento (KUNZ *et al.*, 2019).

Diante da composição rica e básica para uma adubação eficaz, a efetividade do uso dos biofertilizantes no solo é comprovada, podendo ainda, serem observadas diferenças nítidas na quantidade de nutrientes absorvidos pelas plantas. Silva *et al.* (2011) sustentam a obtenção de resultados muito expressivos no teor de Na, K, P e Ca extraídos em plantas de feijão-de-corda irrigadas com águas salinas no solo, sem biofertilizante e, com biofertilizante bovino. Em alguns casos, quando comparado com o uso de biofertilizantes, foram encontrados o dobro dos nutrientes.

Conforme discutido, os resíduos de biodigestores possuem alta qualidade quando usados na fertilização de terras para a agricultura. Outro critério que acentua a sua qualidade é que, com a retirada do biogás, a relação carbono-nitrogênio diminui, melhorando a qualidade da matéria orgânica para essas finalidades. Aliado a isso, o biofertilizante possui um estágio de decomposição muito avançado, o que aumenta sua eficiência (ARRUDA *et al.*, 2002). Matos (2016) também destaca que, após o processo de biodigestão, o produto está estabilizado podendo ser colocado na terra na forma de húmus. A presença de húmus é muito importante para as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho está sendo realizado ao lado do Laboratório de Química do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, *Campus* Salinas - Fazenda Varginha Km 02 Rod. Salinas/Taiobeiras -

Salinas/MG. Para a construção deste biodigestor foram utilizados materiais de baixo custo facilmente encontrados em lojas de materiais hidráulicos, o que torna sua montagem mais acessível à comunidade local. Na sua construção, foram utilizados um tambor de PVC de 250 litros, (Figura 3A), onde ocorreu a produção do biogás. Nesse tambor foram utilizados conexões de PVC e uma mangueira de PVC de uso doméstico para a condução do biogás. Toda a estrutura foi montada sobre um suporte metálico. Uma segunda estrutura, responsável pelo armazenamento do biogás foi construída a partir de outros 02 (dois) tambores de plástico, (Figura 3B), um de 200 litros (azul) e outro de 150 litros (branco). Esta estrutura foi montada de forma que o tambor de 150L ficasse encaixado de cabeça para baixo dentro do tambor de 200L.

Figura 3 – Biodigestor (A) e reservatório de gás (B).



Fonte: Os autores (2020)

No tambor de 200L foi inserida uma quantidade de água que ocupou o volume até então preenchido pelo ar e pelo tambor de 150L. À medida que o biogás fosse sendo produzido, este seria armazenado dentro do tambor de 150L.

Para a produção do biogás e, também, do biofertilizante, foram coletados dejetos bovinos no setor de Zootecnia dessa mesma Instituição. Os dejetos serviram de combustível e foram diluídos com água em uma proporção de 1:1. Este trabalho também será utilizado como estudos interdisciplinares e multidisciplinares na Instituição de ensino e, também, em escolas pertencentes ao município de Salinas - MG.

3 RESULTADOS

O estudo em andamento tem demonstrado sua eficiência e, também, sua viabilidade de construção por empregar materiais de baixo custo e de fácil manutenção. Com vinte dias após o início do experimento, o biodigestor já havia produzido alguma quantidade de gás, porém ainda insuficiente para a sua caracterização. Uma alíquota do substrato foi extraída do

biodigestor e analisada. Não foi constatada a presença de particulados, indicando que o processo de hidrólise está ocorrendo com sucesso, como também observado por Kunz *et al.* (2019).

O substrato também apresentou pH = 7,0 (Figura 4), valor propício para ocorrência da hidrólise, corroborando a ausência de particulados como já relatado. Kunz (2019) explica que cada grupo de microrganismos necessita de um determinado valor de pH. As bactérias presentes na metanogênese são mais sensíveis, precisando que a faixa de pH permaneça entre 6,7 e 7,5; já em outras fases, os valores devem permanecer entre 4,0 e 8,5.

Figura 4 – Análise do pH do lodo após Hidrólise.

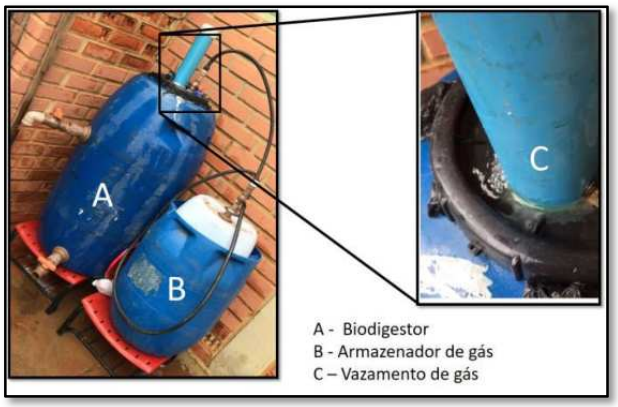


Fonte: Os autores (2020)

O substrato apresentava um odor muito forte, característico de esterco fresco quando foi inserido no biodigestor, e passou a exalar um odor mais suave no momento da análise. Sua coloração inicial era próxima ao tom verde escuro sendo alterado para um cinza claro. A mudança de odor e cor são características da ação de microrganismos que estão utilizando a matéria orgânica como fonte de energia (CARVALHO, 2010).

Buscando-se entender a baixa produção de gás, no vigésimo segundo dia, foi realizado um teste de isolamento. Conforme demonstrado na Figura 5, este demonstrou a existência de pequenos vazamentos na tampa. Como resultado, uma parcela considerável do gás produzido foi perdida, o que inviabilizou a obtenção de alguns resultados.

Figura 5 -Biodigestor com vazamento de gás na conexão da tampa com o cano de alimentação.



Fonte: Os autores (2020)

RECITAL – Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara/MG, v. 2, n. 1, jan./abr. 2020
ISSN: 2674-9270. Disponível em: http://recital.almenara.ifnmg.edu.br/index.php/recital

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de biodigestor proposto tem se mostrado bastante eficiente em propiciar as condições necessárias para a produção do biogás. A primeira fase do processo de digestão anaeróbica (Hidrólise) foi comprovada pela análise do substrato. Foi descoberto um vazamento no sistema, o que inviabilizou o acúmulo de gás e consequentemente sua caracterização. Correções foram realizadas no sistema e aguarda-se a produção de uma quantidade suficiente de gás para caracterização das demais fases do processo de biodigestão anaeróbica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIAL ELÉTRICA (ANEEL). Biomassa. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par2_cap4.pdf Acessado em 14 abr. 2020.

ARRUDA, M. H.; AMARAL, L. De L.; PIRES, O. P. J.; BARUFI, C. R. V. Dimensionamento de Biodigestor para Geração de Energia Alternativa. **Revista Científica Eletrônica De Agronomia**, Garças, v. 1, n. 2, 2002.

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P.; SILVA, E. M.; FILHO, F. R. F.; GOMIDE, L. G. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica,** Fortaleza. v. 42, n. 1, p. 100-107, 2011.

BONTURI, G. D. L.; DIJK, M. V. Instalação de biodigestores em pequenas propriedades rurais: análise de vantagens socioambientais. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 8, n. 2, 2012.

BRASIL. **Decreto n. 86.955**, de 18 de fevereiro de 1982. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1982.

CARVALHO, Irineide Teixeira. **Microbiologia Básica**. Recife: EDUFRPE, 2010.

CASTRO, Cristina Maria de *et al.* Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 495-502, maio 2005.

CROCCO, M.; SANTOS, F.; FIGUEIREDO, A. Exclusão financeira no Brasil: uma análise regional exploratória. **Revista de Economia Política**, v. 33, n. 3, p. 505-526, 2013.

GARDONI, R.; AZEVEDO, M. Eng. Estudo da biodegradação de carcaças de aves por meio do processo de compostagem em biodigestores fechados descontínuos. Eng. **Sanit. Ambient.**, Viçosa, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. Divisão Territorial Brasileira, 2016.

KARLSSON, Tommy.; KONRAD, Odorico.; LUMI, Marluce.; SCHMEIER, Nara. Paula.; MARDER, Munique.; CASARIL, Camila. Elis.; KOCH, Fábio. Fernandes.; PEDROSO, Albari. Gelson. **Manual básico de biogás**. 1. ed. Lajeado, Editora Univates, 2014.

KUNZ, Airton.; STEINMETZ, Ricardo. Luis. Radis.; AMARAL, André. Cestonaro**. Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação do biogás, uso e tratamento do digestato**. 1. ed. Concórdia, SC: Sbera, 2019.

LUSTOSA, G. N.; MEDEIROS, Í.; Hendrix, B. **Proposta de um biodigestor anaeróbio modificado para produção de biogás e biofertilizante a partir de resíduos sólidos orgânicos.** 2014. 74 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) –Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2014.

MATOS, Camila. Ferreira. **Produção de Biogás e Biofertilizante a Partir de Dejetos de Bovinos, sob Sistema Orgânico e Convencional de Produção**. 2016. 66 f. Tese (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

METZ, H. L. **Construção de um biodigestor caseiro para demonstração de produção de biogás e biofertilizante em escolas situadas em meios urbanos**. 2013. 40 f. Monografia (Pós Graduação Latu Sensu em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2013.

OLIVEIRA, Rafael Deleo. **Geração de energia elétrica a partir do biogás produzido pela fermentação anaeróbia de dejetos em abatedouro e as possibilidades no mercado de carbono**. 2009. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Energia Elétrica) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PERMINIO, G.B. **Viabilidade do uso de biodigestor como tratamento de efluentes domésticos descentralizado.** 2013. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Formas Alternativas de Energia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2013.

PEREIRA, V.; FERREIRA-JR, J. M.; MARTINEZ, G. A. S.; TOMACHUK, C. R. Avaliação de sistema de colunas para remediação de biogás a partir de biomassa não digerida. **Holos**, v. 8, p. 242-251, 2016.

RIBEIRO, E.M. Lavouras, ambientes e migrações no Nordeste mineiro. **Revista do migrante**, São Paulo, n. 2, 1997.

RICCI, Marta. Santos. Freire.; NEVES, Maria. Cristina. Prata. **Cultivo do Café Orgânico**. 2. ed. Seropédica-RJ: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004.

SANTOS, F. F.; GARCIA, R. P. M. A luta dos camponeses do Alto Rio Pardo – Norte de Minas Gerais pelo direito ao território. **Revista eletrônica de culturas e educação**, v. 5, n. 10, 2016.

SILVA, F. L. B.; LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; NEVES, A. L. R.; SILVA, G. L.; SOUSA, C. H. C. Interação entre salinidade e biofertilizante bovino na cultura do feijão-de corda. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n.4, p. 383–389, 2011.

SILVA, W. R. **Estudo Cinético do Processo de Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Vegetais.** 2009. 201 f. Tese de Doutorado (Pós-Graduação em Química) -Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

SANTOS, S. J. *et al.* Construção de um biodigestor caseiro como uma tecnologia acessível a suinocultores da agricultura familiar. **Pubvet**, v. 11, n. 3, p. 290-297, 2017.

SOUZA, J.; SCHAEFFER, L. Construção de plantas de biogás: Dimensionamento de biorreatores. **Revista ESPACIOS**, Rio Grande do Sul, v. 36, n. 6, p. 11, 2015.

VAN HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. **Tratamento anaeróbio de esgotos: um manual para regiões de clima quente.** Campina Grande: Epgraf. 1994, p.208.

VILELA, M. de F. *et al.* **Mapeamento e análise da dinâmica de uso e da cobertura do solo em comunidades tradicionais do Alto Rio Pardo, Minas Gerais.** Embrapa Cerrados-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). 1. ed. Distrito Federal, Edição online, 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Norte de Minas Gerais - IFNMG, Campus Salinas, seus Servidores Técnicos Administrativos e Terceirizados.

Recebido em: *16 de abril 2020*

Aceito em: *28 de maio 2020*