

Avaliação do tratamento anaeróbio de substratos oriundos da mistura de esterco bovino e manipueira.

Renato Menezes Barbosa de MIRANDA (1); Mayra Machado de Medeiros FERRO (2); Giordano Bruno Medeiros GONZAGA (3); katharin Stephanie Caldas Gajardo VARGAS (4); Vicente Rodolfo Santos CEZAR (5).

(1) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Rua Lourival Alfredo, 176, Bairro Poeira, Marechal Deodoro-AL. e-mail: mulugu87@hotmail.com, (2) IF-AL, e-mail: mayra_ferro@hotmail.com
(3) UFAL, e-mail: giordanogonzaga@hotmail.com, (4) IF-AL, e-mail: kstethanie_1992@hotmail.com, (5) IF-AL, e-mail: vicente@cefet-al.com

RESUMO

Grande parte da manipueira produzida no Estado de Alagoas é disposta de forma incorreta no meio ambiente, causando diversos danos, como poluição do solo e da água. Com o intuito de fornecer subsídios para a tomada de decisões acerca do tratamento dado ao efluente, é que foram confeccionados 5 reatores, modelo indiano, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas. Cada um com capacidade para 16 litros úteis e 50 dias de retenção hidráulica, abastecidos diariamente, com misturas diferentes entre esterco bovino e manipueira, sendo elas: Substrato A (1 parte de Esterco Bovino + 1 parte de Água); Substrato B (1 parte de esterco + 0,25 partes de manipueira + 0,75 partes de água); Substrato C (1 parte de esterco + 0,50 partes de manipueira + 0,50 partes de água); Substrato D (1 parte de esterco + 0,75 partes de manipueira + 0,25 partes de água) e Substrato E (1 parte de esterco + 1 parte de manipueira). A adição da parte líquida para a formação das combinações foi calculada com base na concentração de sólidos de 8%, a qual houve redução máxima de 92% na saída do sistema de tratamento. Observou-se que, em função da característica ácida da manipueira, o pH dos substratos caiu à medida em que houve adição do efluente na formação do substrato.

Palavras-chave: metano, biodigestor, processamento de mandioca, energia.

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma planta heliófila, perene, arbustiva, pertencente à família Euforbiáceas. É tolerante a seca e possui ampla adaptação às mais variadas condições de clima e solo. A parte mais utilizada da planta é a raiz tuberosa, rica em amido, usada na alimentação humana e de animais ou como matéria-prima para diversas indústrias (CEREDA, et al. 2003).

A cultura da mandioca é de grande importância econômica para diversos países, com destaque para aqueles em desenvolvimento. Essa relevância se dá em virtude do alto consumo desta raiz por suas populações. A maior parte da produção de mandioca é destinada a fabricação de farinha e fécula e o restante da planta, tal como os resíduos obtidos durante o processamento da raiz, é empregado na alimentação animal.

A partir da mandioca é possível se obter variados produtos bem como a preparação de diversos pratos. No Brasil, a raiz da mandioca é utilizada para se fazer: tapioca, polvilho, bolinho de mandioca, mandioca frita e mais tradicionalmente, a mandioca cozida. Outra curiosidade acontece na região norte do país onde a população utiliza a goma contida na manipueira, oriunda da fabricação de farinha e fécula, para a preparação da farinha de goma.

Durante o processamento da mandioca para obtenção dos diversos produtos supracitados, são gerados vários resíduos, tais como: parte aérea, casca e a manipueira. Tais resíduos causam diferentes impactos no meio ambiente sendo o principal resíduo a manipueira, devido ao fato de que para cada tonelada de mandioca processada na fabricação de farinha e fécula, são gerados aproximadamente 300 litros desse líquido. Esse resíduo é caracterizado pela alta carga orgânica, podendo ser dezenas de vezes mais poluente quando comparado ao esgoto doméstico.

Geralmente, próximo às casas de farinha há criação de bovinos, que conseqüentemente produz resíduos orgânicos, os quais, quando manejados inadequadamente provocam impactos ambientais como, por exemplo, contaminação dos recursos hídricos e solos.

Este trabalho tem por objetivo avaliar o processo de digestão anaeróbia submetida às diferentes combinações de esterco bovino e manipueira, sobre os aspectos de pH, sólidos totais e produção de biogás.

1.1 Objetivos Específicos

- Estudar a influência da manipueira sobre o pH do substrato formado;
- Avaliar a produção de biogás a partir das combinações de manipueira;
- Avaliar o processo de digestão anaeróbia na redução de sólidos totais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo Cereda et al. (2003), a *Manihot esculenta* Crantz, é uma planta perene, arbustiva, pertencente a família das Euforbiáceas. A parte mais importante da planta é a raiz, devido ser rica em amido, o qual pode ser utilizado na alimentação humana e animal, ou como matéria-prima para diversas indústrias.

Por ser uma planta heliófila, a mandioca necessita da luz solar durante todo período diurno. Isso explica a melhor adaptação da planta em regiões com temperaturas mais elevadas, como é o caso do nordeste brasileiro.

Segundo Cereda & Vilpoux (2003), a *Manihot esculenta* é uma planta que possui características, como: fácil propagação, elevada tolerância a estiagens, pontencial resistência ou tolerância a pragas e doenças, bem como um alto teor de amido nas raízes.

Tradicionalmente, as variedades de mandioca (*Manihot esculenta*) apresentam duas denominações: de mesa, para o consumo humano e industrial, para o processamento em farinha, fécula ou mesmo alimentação animal. A mandioca de uso culinário recebe diferentes denominações nas diversas regiões do Brasil, tais como aipim, macaxeira ou mandioca de mesa (CEREDA et al 2003).

Toda a planta da mandioca pode ser usada na alimentação de vários animais domésticos, como bovinos, aves e suínos. As raízes são fontes de carboidratos; a parte aérea fornece carboidratos e proteínas, estas últimas concentradas nas folhas. Para a alimentação animal, o ideal é que as cultivares apresentem alta produtividade

de raízes, de matéria seca e de parte aérea, com boa retenção foliar e altos teores de proteínas nas folhas. O teor de ácido cianídrico deve ser baixo, tanto nas folhas como nas raízes, para evitar intoxicação dos animais (EMBRAPA, 2004).

Segundo a EMBRAPA (2004), a mandioca constitui uma das principais explorações agrícolas do mundo, com uma produção acima de 170 milhões de toneladas e entre as tuberosas, perde apenas para a batata. Dentre os continentes, a África é o maior produtor mundial, seguido pela Ásia, Américas e Oceania.

A mandioca é cultivada nas mais diversas regiões do Brasil e sua produção tem sido dirigida tanto para consumo direto quanto para indústria de transformação, onde é utilizada na elaboração de diversos produtos como fécula, farinha de mesa, raspas, farinha de raspas e povilho azedo (LEONEL, 2001).

Segundo Fioretto (1985), um dos sérios problemas ambientais que afligem os recursos hídricos, em especial os pequenos cursos d'água, é o despejo dos resíduos líquidos de indústrias que utilizam raízes de mandioca como matéria prima, sendo o principal poluente a manipueira. A manipueira se caracteriza por ser um líquido leitoso de cor amarelo-clara, resultante da prensagem da mandioca ralada.

De acordo com Magalhães (1993) apud Ponte (2007), a manipueira é um subproduto ou resíduo da industrialização da mandioca, que, fisicamente, se apresenta na forma de suspensão aquosa e, quimicamente, como uma miscelânea de compostos: goma (5 a 7%), glicose e outros açúcares, proteínas, células descamadas, linamarina e derivados cianogênicos (ácido cianídrico, cianetos, aldeídos), substâncias diversas e diferentes sais minerais, muitos dos quais fontes de macro e micronutrientes para a planta.

Como geralmente há criações de bovinos nas proximidades das farinheiras, como forma de aproveitamento de parte dos resíduos do processamento da mandioca (parte aérea e cascas), os dejetos provenientes desta atividade são dispostos de forma inadequada, os quais são ricos em matéria orgânica e agentes patogênicos e podem ser responsáveis pela poluição de águas superficiais e subterrâneas, devido ao carreamento desse material pela ação das chuvas. Então, a alternativa é utilizar a digestão anaeróbia, a qual representa um excelente mecanismo de controle à poluição, apresentando-se como vantagens a produção de metano, simplicidade de condução, baixo emprego de energia, baixa necessidade de nutriente e produção de biofertilizante (Andrade Neto & Campos, 1999).

3. MATERIAIS E MÉTODOS.

O experimento foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas - Campus Marechal Deodoro (IF-AL). Localizado no município de Marechal Deodoro-Alagoas nas coordenadas 09°42'36,0" de latitude sul e 35°53'42,0" de longitude oeste, MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2005).

Foram confeccionados 5 reatores anaeróbios, modelo indiano, utilizando recipientes plásticos, a exemplo de baldes com tampas herméticas e tubos de PVC, com volume útil de 16 litros cada, com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 50 dias. Cada biodigestor possui gasômetro individual, com volume útil de 2,5 litros. O gasômetro foi confeccionado utilizando dois tubos de PVC, o primeiro de 100 mm e o segundo de 75 mm de diâmetro, ambos com apenas uma extremidade fechada, formando um recipiente. O tubo de PVC de maior diâmetro foi preenchido com água e o segundo serviu como reservatório de biogás, o qual foi queimado diariamente através de uma válvula, para conferir se havia produção de metano. Na Figura 1, pode-se observar a disposição dos reatores e seus respectivos gasômetros.



Figura 1: Disposição dos biodigestores

O esterco bovino utilizado para o abastecimento inicial (partida), bem como aquele utilizado para os abastecimentos diários, foi coletado periodicamente em uma fazenda de produção de leite e após a coleta eram realizadas as respectivas misturas, variando a quantidade de manipueira e água. Posteriormente ao preparo da mistura, as mesmas foram armazenadas congeladas, mantendo suas características e inibindo atividade microbiana.

Os diferentes substratos foram provenientes das seguintes combinações: Substrato A (1 parte de esterco bovino + 1 parte de água); Substrato B (1 parte de esterco + 0,25 partes de manipueira + 0,75 partes de água); Substrato C (1 parte de esterco + 0,50 partes de manipueira + 0,50 partes de água); Substrato D (1 parte de esterco + 0,75 partes de manipueira + 0,25 partes de água) e Substrato E (1 parte de esterco + 1 parte de manipueira). A adição da parte líquida para a formação das combinações foi calculada com base na concentração de sólidos de 8%.

Para o acompanhamento do pH no interior do reator, era coletado o efluente de saída, também chamado de biofertilizante e verificado seu pH em phmetro de bancada da marca LABMETER, modelo pHs-3B.

3.1 Produção de Biogás

O volume de biogás produzido diariamente foi determinado em gasômetro de PVC com selo d`água, instalado próximo aos reatores, sendo este obtido através da medida de deslocamento vertical do gasômetro, multiplicando-se pela área de seção transversal interna do gasômetro, 0,01177m².

Para verificação do deslocamento vertical do gasômetro foi utilizada uma régua milimetrada. Após cada, leitura, o gasômetro era zerado, utilizando-se o registro de descarga do biogás.

A produção do biogás foi quantificada segundo Barana (2000), utilizando-se à expressão que resulta da combinação das leis de Boyle e Gay-Lussac para a correção do volume do biogás:

$$\frac{V_o \times P_o}{T_o} = \frac{V_1 \times P_1}{T_1} \times F$$

Onde,

V_o= volume na CNTP

P_o= pressão na CNTP (760 mmHg)

T_o= temperatura na CNTP (293K)

V₁= volume de biogás medido (L)

P₁= pressão local de Marechal Deodoro – AL (mmHg)

T1= temperatura do biogás no instante da leitura, K

F= fator de correção de umidade

4. ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A partida dos reatores ocorreu em fevereiro do corrente ano, a partir de então, se verificou o comportamento do pH dos tratamentos, os quais permaneceram abaixo do pH ideal, exceto o Tratamento A (1 parte de esterco bovino + 1 parte de água), fato este já conhecido na literatura. Para garantir a presença satisfatória de bactérias metanogênicas, esse índice deve ser mantido entre 6.0 e 8.0. Extrapolando esses limites do pH, formam-se compostos que se mostram tóxicos para as bactérias formadoras do gás metano.

Quando o processo de biodigestão anaeróbia sofre desequilíbrio, ou seja, ocorre queda do pH, principalmente devido a manipueira ser um efluente rico em açúcares de fácil fermentação, ocasiona a produção de ácidos orgânicos, entre eles o ácido acético e ácido butírico, fato que afeta principalmente as bactérias metanogênicas, que deixam de produzir metano.

É importante ressaltar que durante todo o período de monitoramento do experimento houve a necessidade de correção do pH, o qual foi controlado utilizando uma solução aquosa à 20% de barrilha.

Não houve a necessidade de corrigir o tratamento A, sendo os demais corrigidos. Outro fato observado foi que houve um decréscimo do pH na medida em que se elevou a porcentagem de manipueira na composição do substrato.

4.1 Sólidos totais

A medição dos sólidos totais é um importante parâmetro na determinação da remoção dos mesmos pelo tratamento adotado. As análises de sólidos totais, determinarão a quantidade total do material presente na manipueira para aquela amostra analisada, incluindo todos os sólidos dissolvidos e em suspensão. Sendo que a determinação de amostras colhidas ao longo do tratamento permitiram avaliar a eficiência do processo, juntamente com os outros parâmetros analisados.

Houve expressiva redução quanto à porcentagem de sólidos totais do efluente de saída. No entanto, essa redução não se deve somente a ação dos microorganismos presentes no reator, mas também ao fato de que houve precipitação dos sólidos totais no sistema, principalmente por se tratar de um protótipo de biodigestor modelo Indiano. Portanto, o resultado não reflete no modelo em escala real, devido fatores como volume de sustrado abastecido diariamente e sua pressão exercida (320 ml), diâmetro das tubulações de entrada e saída, que neste caso, foi de 50mm, enquanto que em escala real é acima de 100mm de diâmetro.

A Figura 2 mostra os valores médios de sólidos totais na entrada e saída do sistema, na qual demonstra que o tratamento A, onde não tem a presença de manipueira, a remoção foi menor, comparado aos tratamentos B, C, D e E. A hipótese da redução dos sólidos totais nos tratamentos provenientes de combinações com a manipueira é que o resíduo do processamento de mandioca para a obtenção de farinha auxiliou na degradação da matéria orgânica, devido a elevada característica fermentativa dada pelos açúcares de fácil decomposição, os quais geram ácidos que ajuda na quebra da celulose e lignina contida no esterco bovino.

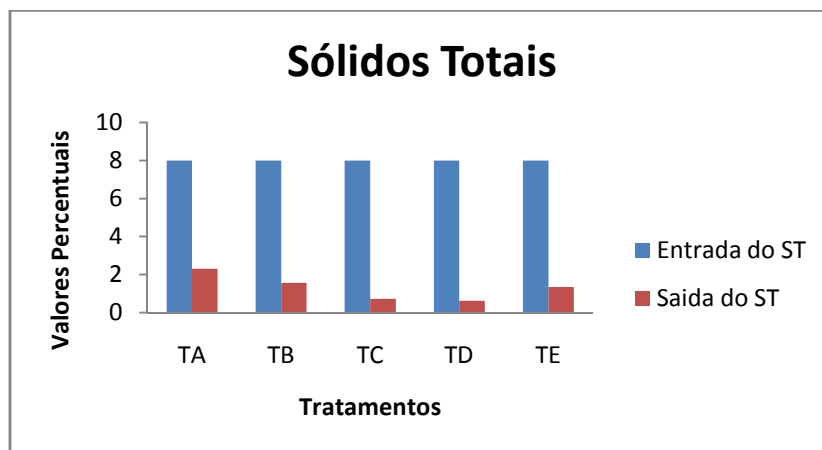


Figura 2: Comportamento dos sólidos totais nos respectivos tratamentos.

A partir da Figura 2 também é possível perceber o percentual de remoção de sólidos totais nos respectivos tratamentos, com os seguintes resultados: 71,25% para o tratamento A, 80,5% para o tratamento B, 91% para o tratamento C, 92% para o tratamento D e 83,25% para o tratamento E. Sendo verificado para o tratamento D o melhor resultado.

4.2 Monitoramento do pH

4.2.1 Monitoramento do pH no Tratamento A

O pH do tratamento A, formado pela mistura de 1 parte de esterco bovino + 1 parte de água, mostrou-se sempre entre o intervalo do pH desejado (um mínimo de 6.0 e um máximo de 8.0), como visto na figura 3, fato já conhecido na literatura, garantindo com isso a presença satisfatória de bactérias metanogênicas.

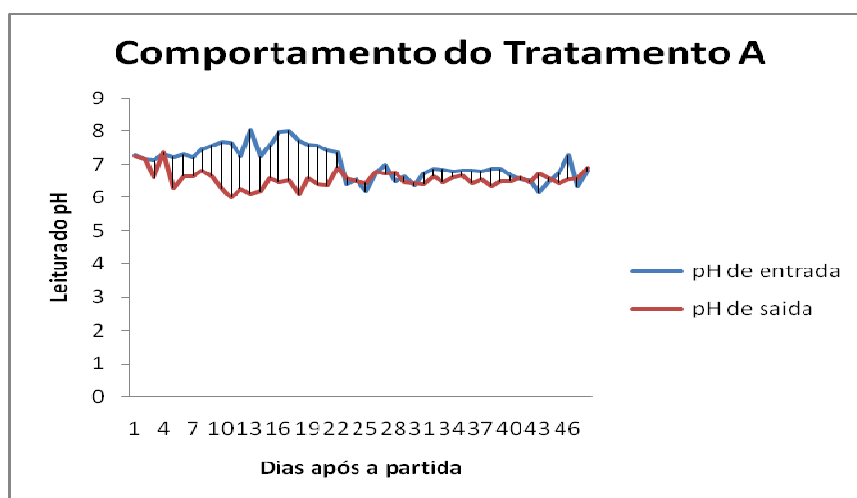


Figura 3: Comportamento do pH no Tratamento A

4.2.2 Monitoramento do pH nos tratamentos B, C, D e E

Foram apresentadas as leituras de pH dos tratamentos B (1 parte de esterco + 0,25 partes de manipueira + 0,75 partes de água); C (1 parte de esterco + 0,50 partes de manipueira + 0,50 partes de água); D (1 parte de esterco + 0,75 partes de manipueira + 0,25 partes de água) e Tratamento E (1 parte de esterco bovino + 1 parte de manipueira). Foi observado que de acordo com o aumento de manipueira nos respectivos tratamentos houve queda do pH.

É importante salientar que durante o início do período de monitoramento do experimento houve a necessidade de correção do pH, o qual era controlado utilizando calcário dolomítico com PRNT de 85%, mas devido sua alta sedimentação e demora para ocorrer a reação de ascensão do pH, houve a necessidade de mudança de substância utilizada, passando-se a utilizar solução de barrilha a 20%.

Verificou-se o comportamento do pH dos tratamentos B, C, D e E (formados pela mistura de esterco bovino e manipueira em diferentes concentrações) durante todo o período de partida dos reatores, os quais permaneceram abaixo do pH ideal. Quando o processo de biodigestão anaeróbia sofre desequilíbrio, ou seja, ocorre queda do pH, afeta principalmente as bactérias metanogênicas, que deixam de produzir metano, ocasionando o aumento na concentração dos ácidos orgânicos voláteis. O ponto de correção adotado foi à entrada do sistema, onde o resíduo acidificado é devidamente corrigido, logo após este processo, o resíduo com pH corrigido é inserido nos reatores anaeróbios.

As Figuras 5, 6, 7 e 8 mostram que o valor do pH de entrada foi corrigido para ficar sempre acima de 6, isso acontece para evitar que ocorra acidificação no sistema e posterior problema na produção de biogás. Nessas Figuras são constatadas algumas oscilações, sendo justificada pela adição em excesso da solução alcalina no ato da correção do pH. Esses picos na leitura do pH de entrada são evidenciados em alguns momentos ao

longo do estudo, os quais não comprometeram o desenvolvimento dos microorganismos metanogênicos, devido haver produção de chama com a queima do biogás.

No tratamento D, houve o entupimento do biodigestor no 21º dia após a partida, esta obstrução foi devido o material conter a presença de fragmentos de capim, evitando a passagem da mistura pelo sistema, promovendo o seu mau funcionamento. Também interferiu no entupimento o fato que o biodigestor era abastecido com um pequeno volume diário (320 ml), o qual não foi capaz de proporcionar o impulso necessário para transpor a parede divisória do sistema.

A Figura 8 mostra que no início do abastecimento do reator E, o pH de saída estava abaixo da faixa ótima, isso porque a manipueira contida nele é a carga máxima do experimento, na proporção de 1:1, havendo a necessidade de elevar o pH de entrada até próximo da neutralidade e conseqüentemente promover a estabilidade no sistema. Na Figura 8, ainda observa-se uma queda na leitura do pH e que a mesma é aumentada ao longo do funcionamento. No entanto, este aumento possivelmente foi atribuído a adaptação dos microorganismo ao substrato.

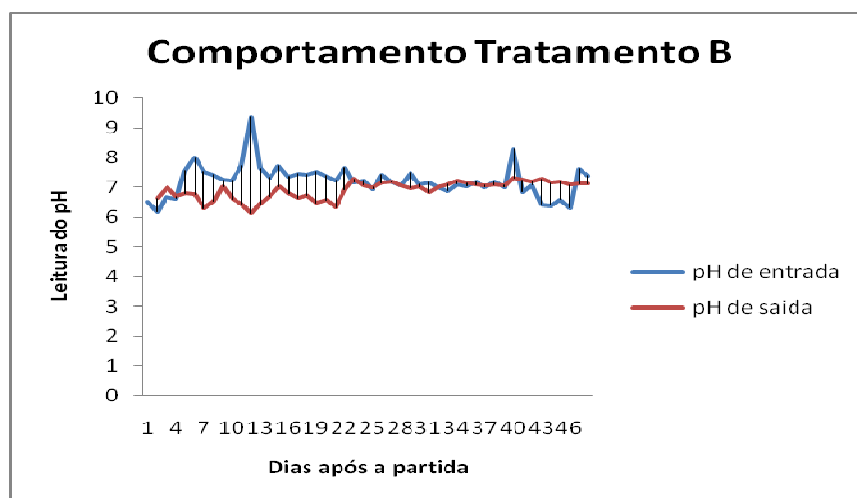


Figura 5: Comportamento do pH no Tratamento B

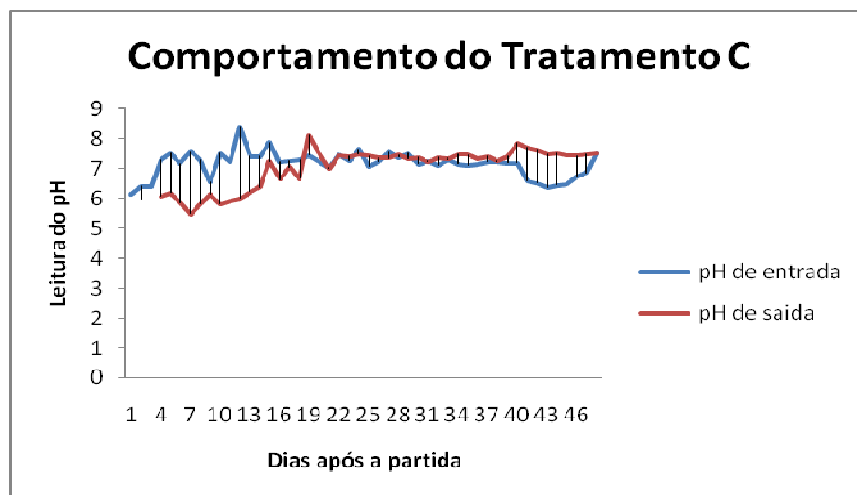


Figura 6: Comportamento do pH no Tratamento C

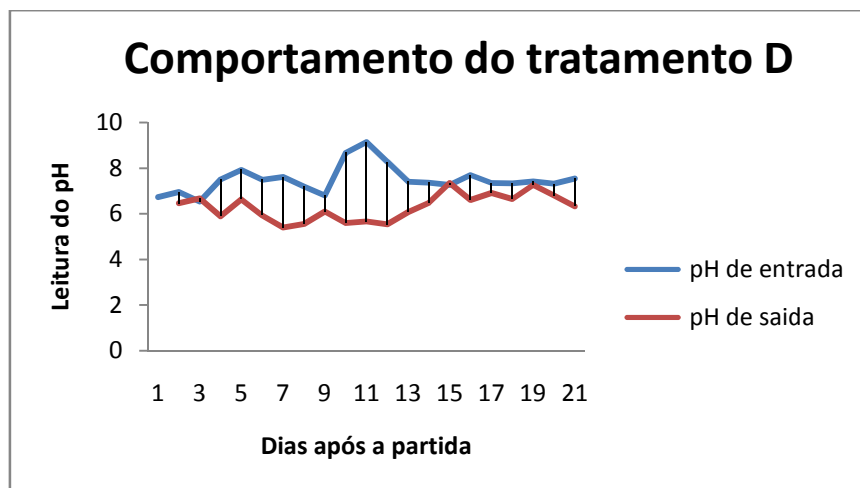


Figura 7: Comportamento do pH no Tratamento D

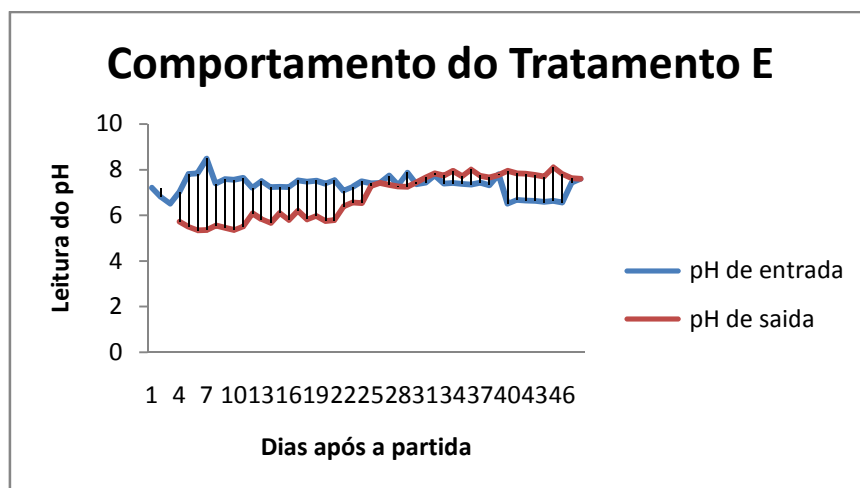


Figura 8: Comportamento do pH no Tratamento E

4.2.3 Produção média de biogás/dia

Na Figura 9, verifica-se que o tratamento D (1 parte de esterco + 0,75 partes de manipueira + 0,25 partes de água) apresentou a melhor produção média de biogás/dia (181,52 ml) quando comparado com os demais tratamentos.

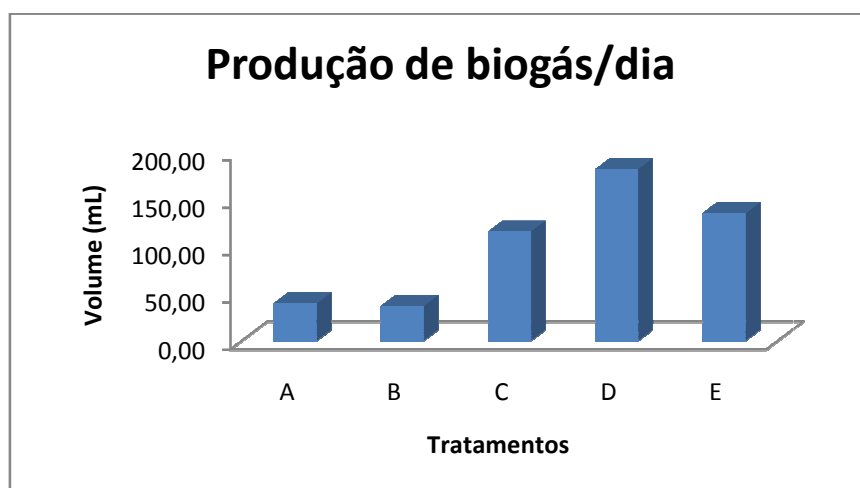


Figura 9: Produção de biogás/dia por tratamento.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se neste estudo preliminar sobre a avaliação de substratos oriundos da combinação de esterco bovino e manipueira que:

Houve a necessidade de correção do pH, o qual foi realizada com solução de barrilha a 20%, exceto no Tratamento A (Esterco + água).

Houve a redução do percentual de sólidos totais pelo sistema de digestão anaeróbia;

A produção média de biogás/dia nos respectivos tratamentos foram as seguintes: A (39,74ml/dia), B (37 ml/dia), C (115,69 ml/dia), D (181,52 ml/dia) e E (135,10 ml/dia).

Referências bibliográficas

ANDRADE NETO, C. O.; CAMPOS, J. R. Introdução. In: CAMPOS J. R. **Tratamento de esgoto por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ed. PROSAB, 1999, p. 1-28

CEREDA M.P.; VILPOUX O.; TAKAHASHI M. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas, 2003**. Cap. 2, pag.

FIORETTO R. A. **Efeito da manipueira aplicada em solo cultivado com mandioca** (*Manihot esculenta Crantz*) 1985.112p. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu-SP

JOSIAS CAVALCANTI; **Perspectivas da mandioca na região semi-árida do Nordeste, 2004**. www.embrapa.br

LEONEL, M. . **O farelo, subproduto da extração da fécula de mandioca**. In: Marney Pascoli Cereda. (Org.). Manejo, uso e tratamento de subprodutos da industrialização da mandioca no Brasil. 1 ed. São Paulo: Fundação Cargil, 2001, v. 4, p. 211-216.

PONTE. J.J. **Manejo, uso e tratamento dos subprodutos da industrialização da mandioca, vol. 4**, Cap. 5

MASCARENHAS, J.C; BELTRÃO, B. A; JUNIOR L.C.S. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, alagoas. Diagnóstico do município de marechal deodoro, 2005**.

VILPOUX O.; CEREDA M.P. **Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas, 2003**. Cap. 4, pag. 66