



CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO

CONSTRUCTION AND VALIDATION OF BATCH TYPE BENCH BIODIGESTERS TO QUANTIFY BIOGAS AT LOW COST

CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE BIODIGESTORES DE BANCO, TIPO LOTE, PARA CUANTIFICAR BIOGÁS A BAJO COSTO

Neiton Silva Machado¹, Ediclésio de Souza Silva¹, Amanda Aparecida Martins Freire¹, Chandler Belchior de Sá¹, Bruno França da Trindade Lessa¹, Cristina Akemi Mogami²

e453127

<https://doi.org/10.47820/recima21.v4i5.3127>

PUBLICADO: 05/2023

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho construir e validar 24 biodigestores de bancada, tipo batelada, para quantificar biogás produzido a partir da fermentação anaeróbia de resíduos agroindustriais. Caracterizou-se os efluentes e afluentes dos biodigestores quanto aos parâmetros físicos (Sólidos Totais, Sólidos Fixos e Sólidos Voláteis) e físico-químicos: (pH e Condutividade Elétrica). Calculou-se o rendimento ($L_{\text{biogás}} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{SVad}}$), a produtividade ($L_{\text{biogás}} \cdot L^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$) de biogás e a Carga Orgânica Volumétrica adicionada COV_{ad} ($\text{kg}_{\text{SV}} \cdot L^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$). O experimento foi conduzido no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco com tempo de retenção hidráulica de 30 dias, utilizando o delineamento em blocos casualizados (DBC). A produção de biogás a partir da fermentação anaeróbia dos tratamentos analisados não teve diferença significativa a 5% de probabilidade. Os parâmetros físicos dos efluentes e afluentes dos biodigestores apresentaram valores similares aos encontrados na literatura para ambos os tratamentos. Os parâmetros físico-químicos dos efluentes e afluentes dos biodigestores não permaneceram dentro das faixas, denominadas ideais descritas na literatura para produção de biogás, exceto os tratamentos dejetos bovinos (T2) e sorgo 25% + dejetos bovinos 75% (T4). O dejetos bovino (T2) apresentou maior rendimento ($240,04 L_{\text{biogás}} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{SVad}}$) e uma maior COV_{ad} média de $8,00 \text{ kg}_{\text{SV}} \cdot L^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$.

PALAVRAS-CHAVE: Biocombustível. Dejetos bovinos. Dejetos caprinos. Sorgo sacarino.

ABSTRACT

The objective of this work was to build and validate 24 batch-type biodigestors to quantify biogas produced from the anaerobic fermentation of agro-industrial residues. The effluents and influents of the biodigestors were characterized in terms of physical parameters (Total Solids, Fixed Solids and Volatile Solids) and physical chemical parameters: (pH and Electrical Conductivity). The yield ($L_{\text{biogás}} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{SVad}}$), the productivity ($L_{\text{biogás}} \cdot L^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$) of biogas and the Volumetric Organic Load added VOL_{ad} ($\text{kg}_{\text{SV}} \cdot L^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$) were calculated. The experiment was carried out at the Campus of Agricultural Sciences of the Federal University of Vale do São Francisco with a hydraulic retention time of 30 days, using a randomized block design (DBC). The production of biogas from the anaerobic fermentation of the analyzed treatments did not have a significant difference at 5% probability. The physical parameters of the effluents and influents of the biodigestors showed values similar to those found in the literature for both treatments. The physical chemical parameters of the effluents and influents of the biodigestors did not remain within the ranges, called ideal described in the literature for biogas production, except for the treatments bovine manure (T2) and sorghum 25% + bovine manure 75% (T4). Cattle manure (T2) showed the highest yield ($240.04 L_{\text{biogás}} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{SVad}}$) and a higher mean VOL_{ad} of $8.00 \text{ kg}_{\text{SV}} \cdot L^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$.

KEYWORDS: Biofuel. Cattle manure. Goat manure. Sweet sorghum

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue construir y validar 24 biodigestores tipo batch para cuantificar el biogás producido a partir de la fermentación anaerobia de residuos agroindustriales. Los efluentes y afluentes de los biodigestores se caracterizaron en cuanto a parámetros físicos (Sólidos Totales, Sólidos Fijos y

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco - Campus Ciências Agrárias - Engenharia Agrônômica.

² Instituto Federal do Sertão Pernambucano - Campus Petrolina Zona Rural.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

Sólidos Voláteis) y parámetros físico químicos: (pH y Conductividad Eléctrica). Se calculó el rendimiento de biogás ($L_{biogás} \cdot kg^{-1}_{SVad}$), la productividad ($L_{biogás} \cdot L^{-1}_{reactor} \cdot d^{-1}$) y la Carga Orgánica Volumétrica agregada COV_{ad} ($kg_{SV} \cdot L^{-1}_{reactor} \cdot d^{-1}$). El experimento fue realizado en el Campus de Ciencias Agrícolas de la Universidad Federal del Vale do São Francisco con un tiempo de retención hidráulica de 30 días, utilizando un diseño de bloques al azar (DBC). La producción de biogás a partir de la fermentación anaerobia de los tratamientos analizados no tuvo diferencia significativa al 5% de probabilidad. Los parámetros físicos de los efluentes y afluentes de los biodigestores presentaron valores similares a los encontrados en la literatura para ambos tratamientos. Los parámetros físico químicos de los efluentes y afluentes de los biodigestores no se mantuvieron dentro de los rangos, denominados ideales descritos en la literatura para la producción de biogás, a excepción de los tratamientos estiércol bovino (T2) y sorgo 25% + estiércol bovino 75% (T4). El estiércol bovino (T2) presentó el mayor rendimiento ($240,04 L_{biogás} \cdot kg^{-1}_{SVad}$) y un COV_{ad} medio superior de $8,00 kg_{SV} \cdot L^{-1}_{reactor} \cdot d^{-1}$.

PALABRAS CLAVE: Biocombustible. Estiércol bovino. Resíduos de cabra. Sorgo dulce.

INTRODUÇÃO

O aumento populacional desencadeia inúmeros problemas relacionados a sustentabilidade, na medida que surgem novas demandas por espaço e alimento. Trazendo inúmeras preocupações, como a produção cada vez maior de resíduos, tratados atualmente como lixo, devido a não existência de políticas públicas que viabilizem tecnologias capazes de suprimir estes impactos. Segundo Cohen (2005) o crescimento da população mundial deverá permanecer em crescente evolução até o ano de 2050, quando as projeções são de que a população mundial possa atingir a marca de 11 bilhões de habitantes.

O Brasil está entre os 10 países que mais desperdiçam comida no mundo, onde aproximadamente 35% de toda a produção agrícola é descartada como resíduos sólidos (UGALDE; NESPOLO, 2015). Os resíduos da produção agrícola são obtidos por perdas significativas que acontecem por desperdício ao longo da cadeia produtiva, em níveis entre 20% a 50% (KADER, 2002) a qual começa do plantio, passando pela comercialização e chegando até a mesa do consumidor, seja com o produto in natura ou processado.

Estima-se que os resíduos sólidos urbanos descartados estão crescendo mais rapidamente que a proporção de crescimento populacional (REIS; CONTI; CORREA, 2015). Ocasionalmente o agravamento de problemas ambientais globais, como o comprometimento da biodiversidade, além das consequências locais oriundas da formação de resíduos líquidos e sólidos, aumentando o potencial poluidor associado à disposição inadequada que, além da poluição de solos e de corpos hídricos quanto da lixiviação de compostos, comprometendo a saúde e qualidade de vida da população.

Segundo Pistorello; Conto; Zaro (2015), a informação tem influência no comportamento das pessoas em relação ao manejo de resíduos alimentares, e é importante que ela seja de qualidade e disponibilizada de forma contínua para alcance da comunidade que vive no entorno, propondo tecnologias que permitam uma melhor convivência com a natureza, de forma a minimizar esses impactos. Novas alternativas vêm sendo testadas onde os biodigestores anaeróbicos surgem como proposta vantajosa na solução do problema tratando os resíduos, produzindo biogás e biofertilizante. O biodigestor do tipo batelada é um sistema simples e com pouca exigência operacional. Pode ser



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclélio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

apenas um tanque anaeróbico ou vários tanques em série. Este biodigestor é alimentado uma única vez, mantendo-se o substrato por um período até o término da fermentação, e posteriormente ele é descarregado, portanto não é um modelo contínuo em alimentação de matéria orgânica (FURMAN et al., 2020).

Os principais fatores que influenciam a biodigestão são: substrato (concentração de água e concentração de nutrientes), temperatura, carga, tempo de retenção, agitação, degradabilidade, alcalinidade e pH, fatores estes, que estão estreitamente relacionados com o desenvolvimento dos procaríotos produtores de gás metano (TOMY et al., 2014; MACHADO et al., 2023).

Por meio de diversos microrganismos, a matéria orgânica é convertida em biogás quase por completo. Além disso, são produzidas certas quantidades de energia (calor) e nova biomassa (FRIEHE; WEILAND; SCHATTAUER, 2010). O biogás apresenta em sua composição valores médios de: Metano (CH₄) 60%v/v, Gás carbônico (CO₂) 38%v/v, além de teores de nitrogênio, hidrogênio e gás sulfídrico (FERRAZ et al., 1980).

A reutilização de resíduos apresenta um ganho incontestável: a diminuição do problema ambiental que configura seu descarte impróprio, significativo sob o ponto de vista econômico, ambiental, e até social. Segundo Souza et. al (2012), plantas de geração de biogás tem um grande potencial e podem ser utilizadas como estações de tratamento e na triagem de resíduos. A utilização dos rejeitos é uma opção viável para o uso coerente dos recursos naturais, para que estes sejam inesgotáveis. Os problemas causados pela degradação ambiental, sobretudo dos resíduos orgânicos precisam ser repensados e aproveitados. A técnica da biodigestão traz inúmeros benefícios para a redução dos impactos ambientais e tais podem ser aproveitados na geração de energia, fertilizantes, entre outros não citados (GOMES et al., 2014).

Dessa forma, a confecção desses equipamentos permite a obtenção de informação sobre o potencial de produção de biogás e redução de carga orgânica de diversos resíduos gerados nas cadeias produtivas, assim sendo, objetivou-se com esse trabalho construir e avaliar a eficiência de um conjunto de biodigestores de baixo custo do tipo batelada.

Neste contexto objetivou-se com este trabalho construir e validar 24 biodigestores de bancada, tipo batelada, para quantificar o biogás produzido a partir da fermentação anaeróbia de resíduos agroindustriais e animal, caracterizar os efluentes e afluentes dos biodigestores quanto aos parâmetros físico-químicos (Sólidos totais, sólidos fixos, sólidos voláteis, pH e condutividade elétrica), calcular o rendimento ($L_{\text{biogás}} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{SVad}}$), a produtividade ($L_{\text{biogás}} \cdot L^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$) e a Carga Orgânica Volumétrica adicionada ($\text{kg}_{\text{SV}} \cdot L^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$).

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do local

O experimento foi conduzido no laboratório de Construções Rurais localizado no Campus de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), no município de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

Petrolina, Pernambuco, Brasil, (latitude: 09° 23' 55" S longitude: 40° 30' 03" W), nos meses de novembro e dezembro de 2021.

Confecção dos biodigestores

Os biodigestores confeccionados foram constituídos de gasômetro, câmara fermentativa e manômetro. Os gasômetros foram produzidos com 4 unidades de tubos galvanizados de 6 metros cada, sendo 2 unidades com diâmetro de 50 mm e 2 unidades com diâmetro de 75 mm, esses tubos foram divididos em 6 partes iguais de 1 metro cada formando assim dois grupos de 12 gasômetros cada. Os volumes aproximados dos gasômetros foram 2,88 litros e 4,31 litros, para o de menor diâmetro e maior diâmetro respectivamente.

Para evitar vazamentos uma das extremidades foi vedada através de solda. Posteriormente, foi feita a aplicação de uma camada de zarcão (tetróxido de Chumbo) com a finalidade de proteger contra a ferrugem. Para as câmaras fermentativas (biodigestores), foram reaproveitados vasilhames plásticos (tambores) com volume de 13 Litros, utilizados em experimentos anteriores. Foram constituídas de modo que a câmara fermentativa era conectada ao gasômetro por meio de tubos guias de PVC com 20 mm de diâmetro, estes fixos aos biodigestores com adaptadores e luvas de PVC LR azul de mesmo diâmetro instalados nas tampas dos biodigestores. A conexão do gasômetro aos tubos guias de PVC foi realizada pela simples colocação dos gasômetros vertidos de boca para baixo sobre os mesmos. Na figura 1 pode ser visto os dois tamanhos de gasômetros confeccionados e o galão utilizado como câmara fermentativa, além da inserção do tubo guia na tampa da câmara fermentativa.



Figura 1 - Gasômetros (A), câmara fermentativa (B), tubo guia (C) e fixação do tubo guia (D)
Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Na parte externa de cada gasômetro foi instalado um manômetro em “U” aberto, este produzido com régua escolar, graduada de 40 cm e mangueira acrílica de ¼ de polegada de diâmetro, presos por meio de presilha de náilon. A mangueira acrílica foi dividida em duas partes, a primeira parte reproduzia um “U” de modo que a parte aberta da mangueira foi presa à parte superior da régua, enquanto a outra ponta do “U” foi acoplada a segunda parte da mangueira estava fixada ao tubo guia de PVC instalado



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

no interior do gasômetro. Através desta junção era feito a liberação do gás produzido diariamente após o registro dos valores, pelo simples processo de desacoplamento do tubo em “U” de modo que além do esvaziamento dos gasômetros era possível, ao mesmo tempo, zerar a coluna d’água do manômetro.

A figura 2 ilustra o modelo dos biodigestores utilizados no experimento de campo para validação do protótipo desenvolvido e a configuração experimental.

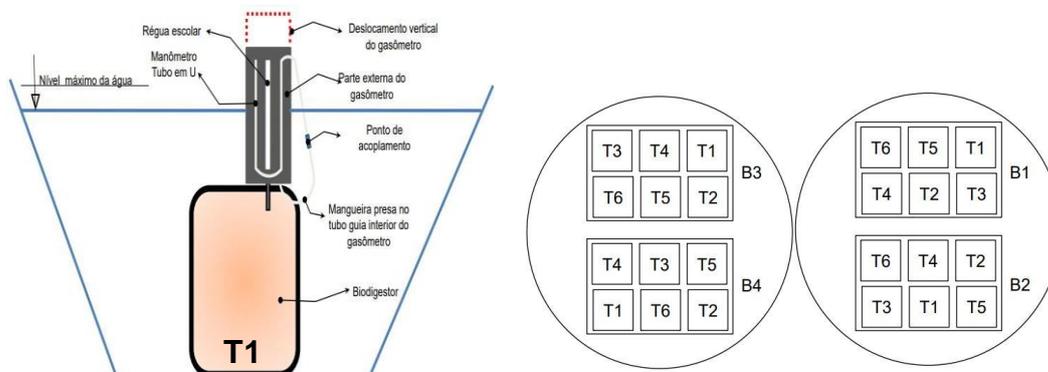


Figura 2 - Disposição do sistema de biodigestores
Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Produção dos tratamentos

Para a produção dos tratamentos foram coletados sorgo sacarino in natura proveniente da área de campo do grupo de estudo em Engenharia de Biossistemas e Convivência com o Semiárido (EngBICS) da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias. Em seguida triturou-se e ensilou-se o material em tonéis de 50 litros por um período de 12 meses. Os dejetos bovino e caprino foram obtidos nos setores de bovinocultura e caprinocultura da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus de Ciências Agrárias.

O sorgo ensilado e o dejetos caprino foram previamente fragmentados em um triturador forrageiro da marca Trapp, modelo TRF 70, 1,5CV, 220V monofásico, equipado com peneira a peneira de 12mm de abertura, diminuindo assim o tamanho das partículas. Juntamente com o dejetos bovino fresco foram coletadas sub amostras, estas pesadas em balança analítica onde se obteve a massa úmida e levadas a estufa de circulação forçada a 70° C por 48 horas para determinação da massa seca.

Após a determinação da massa seca foi realizado o cálculo para quantificar a porcentagem de umidade de cada amostra (equação 1). Depois foi determinado quanto de massa úmida era necessário para conter 1 kg de massa seca para cada um dos respectivos tratamentos.

$$U\% = \frac{m_u - m_s}{m_u} \cdot 100 \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

U = Umidade (%);

ms = Massa da amostra seca (g)

mu = Massa da amostra úmida (g).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

Cada tratamento necessita de uma quantidade específica de massa úmida, então, inicialmente foi encontrada a massa correta de cada tratamento. Em seguida, transferindo a massa para os 24 vasilhames completando com água, para obter 10 kg de efluentes dentro de cada repetição. Permanecendo 10 dias em período de ambientação.

Partida dos biodigestores

Na ocasião da instalação dos biodigestores foi adicionado o inóculo, sendo o mesmo esterco bovino fresco em quantidade de 100g por vasilhame, propiciando a colonização microbiana. Após o período de ambientação e adição do inóculo, foi adicionada em cada câmara de fermentação o tubo guia, ligando a câmara fermentativa e o gasômetro. Junto ao tubo guia foram fixadas as mangueiras de saída do gás, usadas para medir a pressão e esvaziar o gasômetro. Todos os biodigestores foram organizados conforme delineamento proposto. Acima de cada bloco foi apoiado uma lajota de concreto para impedir a flutuação dos biodigestores evitando a evasão do gás.

Os biodigestores foram mantidos em um sistema de controle das oscilações térmicas diárias por meio da utilização de duas caixas d'água de 2000 litros reformadas com fibra de vidro e cola específica para a mesma. As duas caixas foram preenchidas com água sem cloro (água bruta do rio São Francisco) de modo que as caixas ficassem no nível máximo.

Para conduzir o gasômetro na ocasião de deslocamento, foi desenvolvido um sistema guia que consistia em tubos de PVC, fixados a toras de madeira apoiadas em cima da borda superior das caixas d'água, permitindo assim o deslocamento apenas na vertical.

Antes do período de ambientação e após o fim do experimento foi retirado aproximadamente 1 litro de material de cada repetição dos 6 tratamentos para análises de pH, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos voláteis, sólidos fixos.

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC) com seis tratamentos (T1: dejetto caprino; T2: dejetto bovino; T3: sorgo 25 % + caprino 75 %; T4: sorgo 25 % + bovino 75%; T5: sorgo 50% + bovino 50% e T6: sorgo 50% + caprino 50%) e quatro blocos (dois blocos por caixa), como ilustrado na figura 2.

Coleta de dados de produção

A coleta dos dados foi realizada a cada 48h por um período de 30 dias. Foram aferidos deslocamento do gasômetro, deslocamento do manômetro, temperatura e umidade relativa do ar, temperatura do gás e temperatura da água.

A verificação do deslocamento do gasômetro foi dada pela diferença da leitura inicial (altura do gasômetro sem deslocamento até o nível d'água) e altura final do gasômetro após deslocamento até a linha da água da caixa, essas alturas foram medidas com o auxílio de uma trena. As variações de pressão foram registradas por meio de leituras diretas no manômetro, pelo deslocamento da coluna de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclélio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

água, realizando a leitura inicial e final da posição do menisco na régua graduada. A temperatura e umidade relativa do ar foram aferidas por meio de psicrômetro digital da marca Politerm modelo POL-31D, a temperatura do gás foi aferida por meio de termômetro de infravermelho portátil da marca Homis modelo 438A direcionado ortogonalmente para a parte superior do gasômetro a uma distância de 20 cm, a temperatura da água da caixa (temperatura dos dejetos) foi aferida por meio de termômetro analógico de mercúrio submerso dentro de cada caixa d'água.

Para quantificar a volume do gás produzido, foi utilizado a equação do volume de um cilindro regular (equação 2), onde se conhece o deslocamento do gasômetro (altura), diâmetro do cilindro e consequentemente a área da base do gasômetro.

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad \text{Equação (2)}$$

Em que:

V = volume em cm³;

h = altura em cm

r = raio do círculo em cm.

A padronização do volume do biogás produzido foi corrigido de acordo com a Lei geral dos gases ou lei combinada dos gases (Lei de Boiler; Lei de Charles e Lei de Gay-Lussac) conforme proposto por Caetano (1985), Eckert (2015), Matos (2017) equação 2 e 3:

$$v_p = \left(\frac{t_p}{t_m} \right) \cdot \left(\frac{p_m}{p_p} \right) \cdot v_m \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

v_p = Volume padrão

p_p = Pressão padrão

t_p = Temperatura padrão

v_m = Volume medido

p_m = Pressão medida

t_m = Temperatura medida

Considerando que a pressão foi medida com um manômetro de tubo em U aberto temos as equações 4, 5 e 6.

$$P_m = p_{\text{local}} + \rho \cdot g \cdot h \quad \text{Equação (4)}$$

$$P_m = 9891,5 + 1000 \cdot 9,81 \cdot h \quad \text{Equação (5)}$$

$$V_p = \frac{293}{t_m} \cdot \frac{9891,5 + 1000 \cdot 9,81 \cdot h}{10332,3} \cdot v_m \quad \text{Equação (6)}$$

Em que:

v_p = Volume de biogás corrigido para a condição padrão (1 atm; 20 °C)

v_m = Volume de biogás medido; (m³)

t_m = Temperatura do biogás medida; (K)

p_{local} = Pressão atmosférica média local (Petrolina 970 hPa = 9891,5 mmH₂O)

h = Coluna de líquido (água) deslocado no manômetro; (m)

ρ = Peso específico do fluido manométrico (água = 1000 kg.m⁻³)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclézio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

g = Aceleração da gravidade ($9,81 \text{ m.s}^{-2}$)

Determinação dos sólidos

Para determinação dos sólidos totais, voláteis e fixos foram coletados 40g de cada amostra, inseridas em cadinho (50 ml) previamente calcinado. As determinações de peso foram todas feitas em balança analítica sendo determinado o peso do cadinho e da amostra úmida, em seguida as amostras foram portadas para a estufa de circulação forçada a 70°C onde ficaram por 72 horas, foi feito novamente pesagem para determinação dos sólidos totais. Na sequência as amostras foram transferidas ao forno mufla a 550°C (a fim de determinar os sólidos fixos e voláteis do material) por aproximadamente 5 horas, período este suficiente para volatilizar toda a matéria orgânica presente nos resíduos de cada tratamento. Para determinação dos sólidos totais fixos e voláteis foram usadas as seguintes equações (6, 7 e 8).

$$st = \frac{ms - mr}{mu - mr} \cdot 100 \quad \text{Equação (6)}$$

$$svt = \frac{ms - mc}{ms - mr} \cdot 100 \quad \text{Equação (7)}$$

$$sft = \frac{ms - mr}{mu - mr} \cdot 100 \quad \text{Equação (8)}$$

Em que:

- st = Sólidos totais (dag.kg^{-1} ou %)
- svt = Sólidos voláteis totais (dag.kg^{-1} ou %)
- sft = Sólidos fixos totais (dag.kg^{-1} ou %)
- ms = Massa da amostra seca a 70°C + mr (g)
- mr = Massa do recipiente (g)
- mu = Massa da amostra úmida + mr (g)
- mc = Massa do resíduo após combustão + mr (g)

pH e condutividade elétrica (CE)

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado por meio de peagômetro da marca Tecnopon, modelo Luca-210, previamente calibrado com soluções tampão de pH = 4 e pH = 7, o eletrodo era emergido dentro da amostra e anotado o resultado estabilizado no display, a cada amostra o eletrodo era lavado com água deionizada e enxugado com papel de textura macia, uma vez que estes dados foram coletados para cada amostra. A CE foi determinada através de um condutivímetro de bancada marca Lucadema, modelo Luca 150 – MC, calibrado com solução tampão KCL 146,9 mS/cm, usando célula com constante 1 cm^{-1} com procedimento de leitura semelhante ao pH.

Análise estatística

A normalidade dos dados e dos resíduos foi verificada por meio do teste de Shapiro Wilk. Verificou-se também a homogeneidade da variância e em seguida efetuou-se a ANOVA (análise de



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclézio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

variância). Comparou-se as médias por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade ou t de Student. As variáveis que não apresentaram normalidade dos resíduos efetuaram-se a transformação Box-Cox (logarítmica). As variáveis que não apresentaram homogeneidade das variâncias efetuaram-se o teste não paramétrico de Man White. Calculou-se a correlação entre as variáveis por meio do coeficiente de Pearson. Todas as análises foram realizadas no software SigmaPlot 11 e SPSS 13.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As figuras 3 e 4 mostram a variação de temperatura, umidade relativa, temperatura dos dejetos e do biogás nos dias de leitura, além do volume médio de biogás produzido e do volume acumulado. A temperatura dos dejetos esteve abaixo da faixa ideal, que tem uma temperatura ótima em torno de 35 a 37°C. Isso se deve em razão dos biodigestores estarem em sistemas de controle de oscilações térmicas, onde a média temperatura foi próxima a 26°C, apresentando valores similares em todos os tratamentos. Com relação ao processo biodigestão, todos os tratamentos produziram quantidades significativas do início ao fim do experimento, demonstrando o funcionamento esperado dos equipamentos confeccionados.

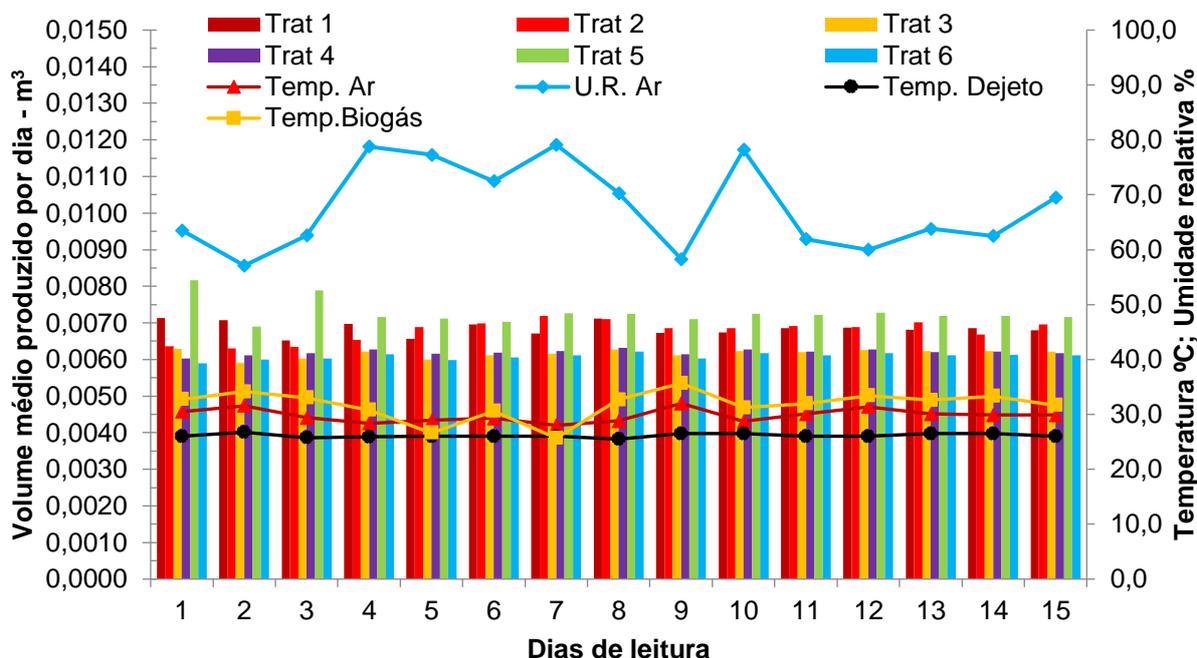


Figura 3 - Volume médio produzido, temperatura e umidade relativa nos dias de leitura. (Trat 1: dejeito caprino; Trat 2: dejeito bovino; Trat 3: sorgo 25 % caprino 75 %; Trat 4: sorgo 25 % bovino 75%; Trat 5: sorgo 50% bovino 50% e Trat 6: sorgo 50% caprino 50%)



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclézio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

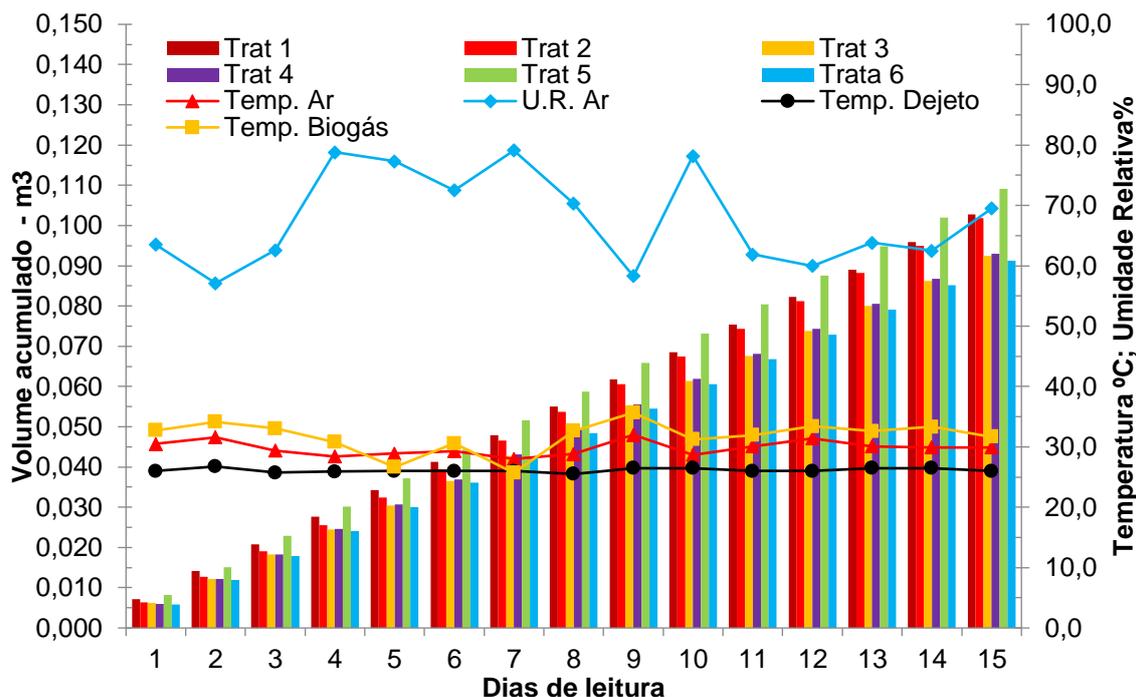


Figura 4 - Volume acumulado, temperatura e umidade relativa. (Trat 1: dejetos caprinos; Trat 2: dejetos bovinos; Trat 3: sorgo 25 % caprino 75 %; Trat 4: sorgo 25 % bovino 75%; Trat 5: sorgo 50% bovino 50% e Trat 6: sorgo 50% caprino 50%)

Sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos

A Tabela 1 detalha os valores obtidos na determinação de sólidos, sendo estes: Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis Totais (SVT), Sólidos Fixos Totais (SFT) nos efluentes e afluentes dos biodigestores. De acordo com o teste de Tukey, não houve diferença significativa a 5% de probabilidade para entrada e saída na determinação dos ST, SVT e SFT, mantendo proporções semelhantes no final do experimento. Dentre os tratamentos utilizados o de sorgo 50% bovino 50% (T5) apresentou maior diferença de Sólidos totais na entrada e saída, porém estatisticamente não houve diferença, esse efeito se explica pelo maior consumo de sólidos voláteis ocasionando a diminuição de sólidos totais. Alguns tratamentos apresentaram valores maiores de ST na saída, isso pode ser explicado devido as amostras coletadas no final do período de retenção hidráulica demonstram uma maior homogeneidade após a digestão anaeróbica. Na entrada, podemos notar que os tratamentos contendo dejetos caprinos (T1, T3 e T6) apresentaram as maiores médias de ST, não tendo diferença significativa entre si. Os tratamentos contendo dejetos bovinos (T2, T4 e T5) tiveram as menores médias de ST e não apresentaram diferença significativa entre si. Na saída os tratamentos contendo dejetos bovinos (T2, T4 e T5) apresentaram as menores médias, diferenciando significativamente dos tratamentos contendo dejetos caprinos (T1, T3 e T6).

Segundo Almeida (2016) trabalhando com biodigestores de bancada utilizando 2% a 10% de sólidos totais, afirma que essas faixas de valores facilitam a degradação da matéria orgânica no biodigestor. Ele afirma que o desafio na produção de biogás é a utilização de substratos na faixa



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclézio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

adequada de sólidos totais. Fato esse que pode ter influenciado no volume de biogás produzido pelos tratamentos T2 e T4, devido se encontrarem com teor de sólidos totais abaixo do recomendado pela literatura.

Tabela 1 - Parâmetros físicos (sólidos totais; sólidos voláteis totais e Sólidos fixos totais) dos resíduos e dejetos na entrada e saída dos biodigestores

TRATAMENTO	ENTRADA			SAÍDA		
	%ST	%SVT	%SFT	%ST	%SVT	%SFT
Dejeto Caprino (T1)	8,61 aA	77,96 aA	22,04 aA	6,10 aA	83,24 aA	16,76 aA
Desejo Bovino (T2)	1,31 cA	81,76 aA	18,24 aA	1,49 bA	72,20 aA	27,80 aA
Sorgo 25% + Caprino 75% (T3)	9,34 aA	86,04 aA	13,96 aA	7,17 aA	86,72 aA	13,28 aA
Sorgo 25% + Bovino 75% (T4)	1,60 cA	85,66 aA	14,34 aA	2,03 bA	89,02 aA	10,98 aA
Sorgo 50% + Bovino 50% (T5)	4,23 bcA	63,31 aA	36,69 aA	1,50 bA	67,26 aA	32,74 aA
Sorgo 50% + Caprino 50% (T6)	6,50 abA	88,46 aA	31,16 aA	7,72 aA	78,97 aA	21,03 aA
Erro padrão da média	1,408	3,759	3,802	1,213	3,465	3,465

Em que: ST = Sólidos Totais; SVT = Sólidos Voláteis Totais; SFT = Sólidos Fixos Totais
Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade.
Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste t de Student a 5 % de probabilidade ou pelo teste de Mann-Whitney (*)

Atributos físico-químicos

Os atributos físico-químicos, mensurados na entrada e saída da marcha de biodigestão estão apresentados na tabela 2.

Os tratamentos T2 e T6 foram os únicos a ficarem próximos da faixa ideal de pH, que tende à neutralidade (pH 7). O T2 foi o único tratamento que não apresentou diferença significativa em relação à entrada e à saída, mantendo-se com valores muito próximos do ideal tanto no início como final do experimento. Normalmente são esperados resultados, pois devido ser produto da digestão, sua matéria orgânica previamente foi fermentada e no complexo piruvato desidrogenase para formação do acetil-S-CoA acontece à liberação de CO₂ e o seu acúmulo em meio aquoso acontece a formação do ácido carbônico (H₂CO₂) que irá dissociar em H⁺ e sua base conjugada HCO₃ onde a mesma irá alcalinizar o meio.

Os tratamentos T5 e T2 sofreram uma reação de alcalinização durante o tempo de retenção hidráulica, no entanto apenas o T5 apresentou diferença significativa em comparação a sua entrada e saída.

Era esperado a acidificação dos tratamentos exceto dos tratamentos T1 e T2, devido serem produto da digestão animal, no entanto apenas o tratamento T2 se manteve na mesma faixa de pH. Nos tratamentos T1, T3, T4 e T6 os resultados indicam o predomínio de bactérias acidogênicas. As bactérias metanogênicas necessitam de um pH tendendo a neutralidade, resultado este que não foi



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

observado nos tratamentos do experimento, exceto os T5 e T6, o que por sua vez favorecem o crescimento desses procaríotos e conseqüentemente a hidrólise da matéria orgânica para produzir gás.

Com relação a condutividade elétrica, pode ser observado que os tratamentos T2, T4, T5 e T6 não apresentaram diferença significativa no decorrer do experimento, configurando as médias de menores valores. Os tratamentos T1 e T3 apresentaram as maiores médias para a condutividade, estas na entrada, diferenciando significativamente na saída onde tiveram valores menores.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos (Potencial Hidrogeniônico e Condutividade elétrica) dos resíduos e dejetos na entrada e saída dos biodigestores

TRATAMENTO	ENTRADA		SAÍDA	
	pH	C.E. mS.cm ⁻¹	pH	C.E. mS.cm ⁻¹
Dejeto Caprino (T1)	8,23 aA	12,70 aA	5,60 bB	9,21 aB
Desejo Bovino (T2)	7,70 bA	1,66 dA	7,71 aA	1,74 cA
Sorgo 25% + Caprino 75% (T3)	8,18 aA	10,43 bA	5,06 bB	8,22 aB
Sorgo 25% + Bovino 75% (T4)	5,50 bA	2,53 dA	4,52 bB	2,41 cA
Sorgo 50% + Bovino 50% (T5)	4,25 bB	2,20 dA	4,47 bA	1,82 cA
Sorgo 50% + Caprino 50% (T6)	6,15 bA	5,80 cA	5,26 bB	5,91 bA
Erro padrão médio	0,65683	1,91460	0,49994	1,35656

Em que: pH = Potencial Hidrogeniônico; C.E = Condutividade Elétrica.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste t de Student a 5% de probabilidade

Produtividade, rendimento, carga orgânica volumétrica e volume

Não houve diferença significativa na produtividade dos tratamentos. No entanto podemos observar na figura 5 que o tratamento T4 apresentou valores médios de produtividade muito abaixo dos demais tratamentos.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclézio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

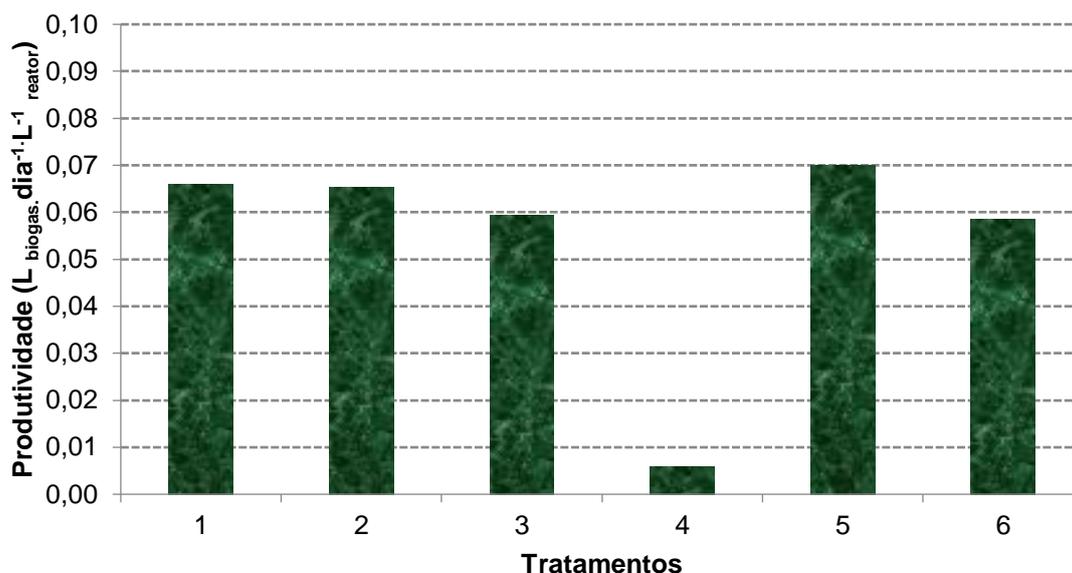


Figura 5 - Produtividade dos tratamentos avaliados. (Trat 1: dejetto caprino; Trat 2: dejetto bovino; Trat 3: sorgo 25 % caprino 75 %; Trat 4: sorgo 25 % bovino 75%; Trat 5: sorgo 50% bovino 50% e Trat 6: sorgo 50% caprino 50%).

O tratamento T2 apresentou a maior média em relação ao rendimento, diferenciando significativamente dos demais tratamentos, seguido dos tratamentos T4 e T5 que também continham dejetos bovinos 75% e 50% com adição de 25% e 50% de sorgo respectivamente, apresentando médias superiores aos demais tratamentos compostos por dejetto caprino e sorgo. Os tratamentos T1, T3 e T6 apresentaram as menores médias e não diferenciam estatisticamente (figura 6).

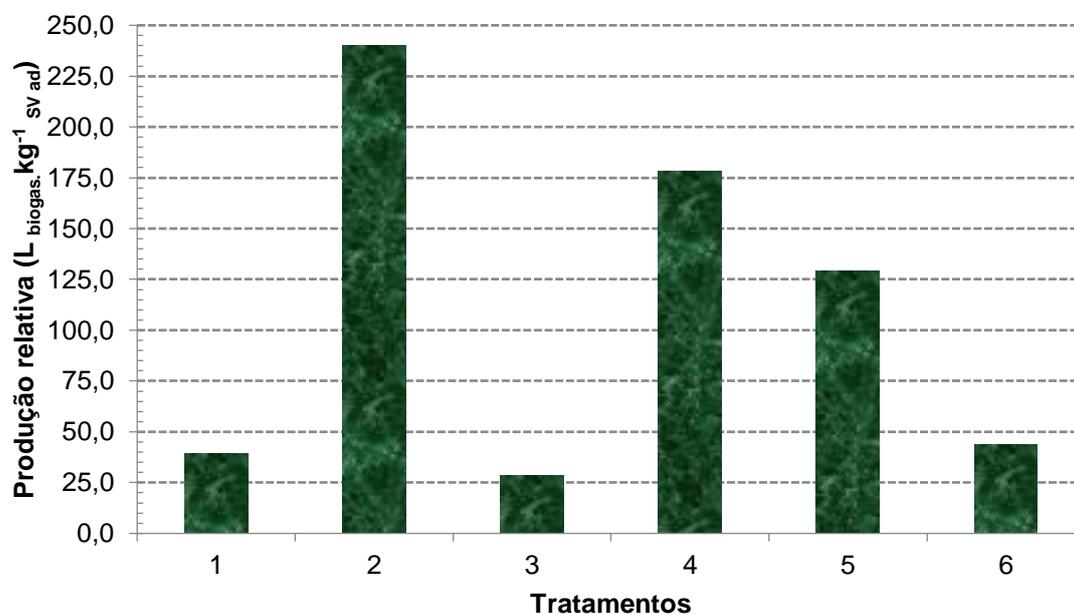


Figura 6 - Produção relativa (rendimento) dos tratamentos avaliados (Trat 1: dejetto caprino; Trat 2: dejetto bovino; Trat 3: sorgo 25 % caprino 75 %; Trat 4: sorgo 25 % bovino 75%; Trat 5: sorgo 50% bovino 50% e Trat 6: sorgo 50% caprino 50%).



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclézio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

O tratamento T2 também apresentou o maior valor para a COV, diferenciando estaticamente dos demais tratamentos. Como no rendimento os tratamentos T4 e T5 não apresentaram diferença significativa entre si, e obtiveram médias superiores aos tratamentos contendo dejetos caprinos. Os tratamentos T1, T3 e T6 apresentaram as menores médias, não diferenciaram estatisticamente entre si. A figura 7 ilustra os valores obtidos de COV.

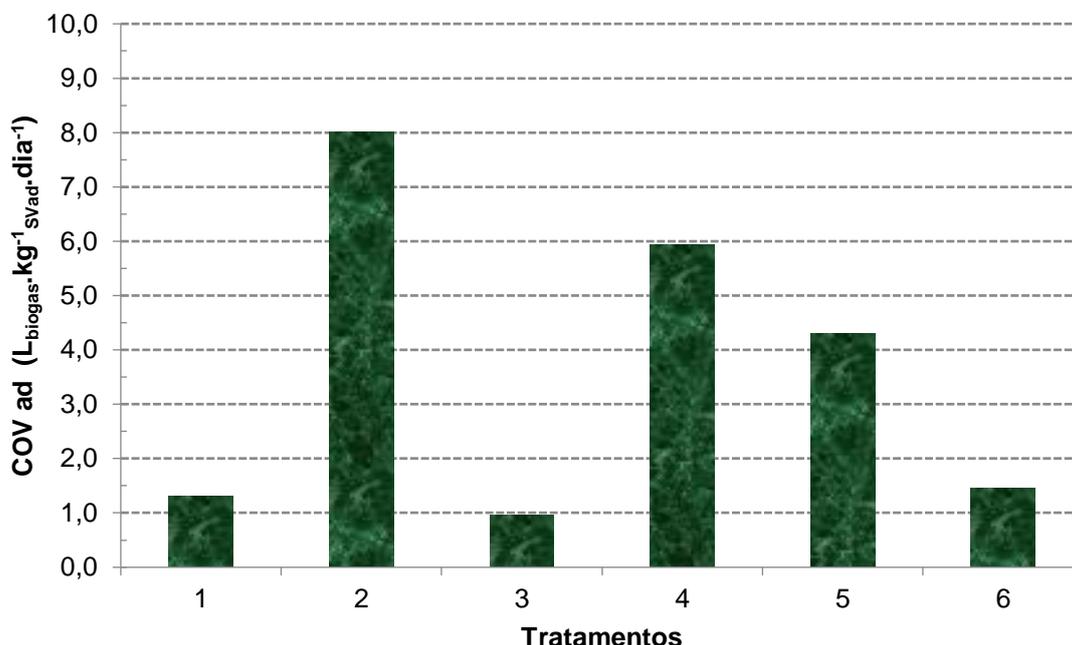


Figura 7 - Carga orgânica volumétrica (COV) dos tratamentos avaliados. (Trat 1: dejetos caprinos; Trat 2: dejetos bovinos; Trat 3: sorgo 25 % caprino 75 %; Trat 4: sorgo 25 % bovino 75%; Trat 5: sorgo 50% bovino 50% e Trat 6: sorgo 50% caprino 50%).

Uma ótima COV proporciona condições adequadas para o desenvolvimento dos microrganismos e consequentemente uma maior estabilidade no processo (KUNZ; STEINMETZ; AMARAL, 2019). A COV influencia diretamente no processo de digestão anaeróbia, pois é necessária que tenham a quantidade adequada, caso os microrganismos presentes não sejam suficientes para degradar esse material, pode ocasionar formação de ácidos graxos prejudicando o processo.

Todos os tratamentos apresentaram médias semelhantes de volume, o tratamento T5 apresentou o maior volume de biogás, porém não houve diferença significativa no volume corrigido de biogás entre os tratamentos.

A figura 8 evidencia o potencial produtivo de todos os tratamentos analisados em relação ao período das aferições, firmando as qualidades quantitativas para os dejetos bovinos e caprinos, produzindo volumes acima de 90 litros em todos os tratamentos. O que demonstra a capacidade de quantificar o volume de biogás produzido nos biodigestores confeccionados.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR

ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
 Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
 Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

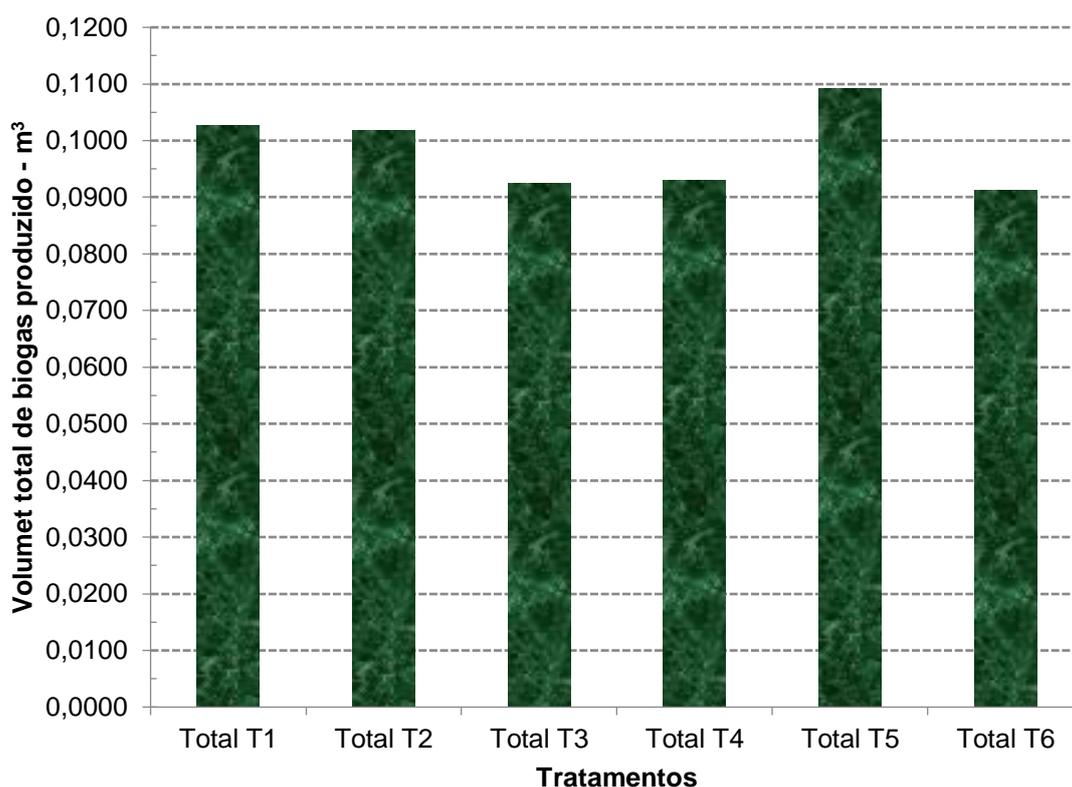


Figura 8 - Volume total corrigido de biogás produzido. (Trat 1: dejetto caprino; Trat 2: dejetto bovino; Trat 3: sorgo 25 % caprino 75 %; Trat 4: sorgo 25 % bovino 75%; Trat 5: sorgo 50% bovino 50% e Trat 6: sorgo 50% caprino 50%).

Tabela 3 - Produtividade, rendimento, carga orgânica volumétrica (COV) e volume normalizado de biogás produzido a 20°C e 1 atm

Tratamento	Produtividade	Rendimento	COV	Volume*
	$L_{\text{biogás}} \cdot L^{-1} \text{ reator} \cdot d^{-1}$	$L_{\text{biogás}} \cdot kg^{-1} \text{ SVad}$	$kg_{\text{SV}} \cdot L^{-1} \text{ reator} \cdot d^{-1}$	L
Dejetto Caprino	0,0660 a	39,17 c	1,30 c	25,68 a
Desejo Bovino	0,0653 a	240,04 a	8,00 a	25,47 a
Sorgo 25% + Caprino 75%	0,0590 a	28,54 c	0,95 c	23,12 a
Sorgo 25% + Bovino 75%	0,0598 a	178,22 ab	5,94 ab	23,24 a
Sorgo 50% + Bovino 50%	0,0703 a	129,23 bc	4,31 bc	27,29 a
Sorgo 50% + Caprino 50%	0,0588 a	43,68 c	1,46 c	22,82 a
Erro padrão médio	0,00335	35,585	1,186	1,309

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5 % de probabilidade



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

CONSIDERAÇÕES

Os biodigestores construídos apresentaram bom desempenho para quantificar a produção de biogás a partir de substrato orgânico, promovendo condições ideais para ocorrer o processo de digestão anaeróbica sem contaminação por oxigênio.

Este equipamento de baixo custo poderá ser utilizado em trabalhos futuros de pesquisas, contribuindo assim com o desenvolvimento dessa tecnologia que visa à geração de energia elétrica ou térmica através da obtenção do biogás e, além disso, proporcionando a obtenção do biofertilizante, possibilitando destinação adequada para os resíduos orgânicos das áreas urbanas e rurais e trazendo assim benefícios e contribuições para a sustentabilidade urbana e das propriedades rurais.

Não houve diferença significativa na produção de biogás a partir da fermentação anaeróbia entre os tratamentos.

Os parâmetros físicos: Sólidos Totais, Sólidos Fixos e Sólidos Voláteis; dos efluentes e afluentes dos biodigestores apresentaram valores próximos aos encontrados na literatura, porém os tratamentos T2 e T4 tiveram porcentagens abaixo da recomendação, que é de 2% a 10% de ST.

Os parâmetros físico-químicos: pH e Condutividade Elétrica dos efluentes e afluentes dos biodigestores não ficaram dentro da faixa ideal descrita na literatura para produção de biogás, exceto os tratamentos T2 e T6.

O tratamento T2 composto por dejetos bovinos apresentou maior rendimento ($240,0365 \text{ L}_{\text{biogás}} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{SVad}}$) e uma Carga Orgânica Volumétrica adicionada média de $8,0015 \text{ kg}_{\text{SV}} \cdot \text{L}^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$. O tratamento T5 apresentou maior valor numérico de produtividade ($0,0703 \text{ L}_{\text{biogás}} \cdot \text{L}^{-1}_{\text{reator}} \cdot \text{d}^{-1}$) de biogás em relação aos demais tratamentos, no entanto esta diferença não foi significativa a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

As principais limitações para realização das pesquisas (campo e laboratório) efetuadas pela nossa equipe se deve à ausência de recursos financeiros para adquirir equipamentos, vidrarias, reagentes e padrões específicos para equipar melhor o nosso laboratório para trabalhar com biogás oriundo da fermentação anaeróbia de plantas energéticas e dejetos/resíduos da agropecuária.

Em resumo os nossos projetos, na maioria das vezes, não têm financiamento para investimento (material permanente) e custeio exceto algumas bolsas de iniciação científica paga aos estudantes pelas agências de fomento. Este trabalho, em especial, só foi possível ser desenvolvido graças à força de vontade, a criatividade da equipe e as parcerias firmadas com outras instituições e laboratórios.

Como sugestão para trabalhos futuros a necessidade de repetir experimentos similares a este com maior controle dos parâmetros físico-químicos e temperatura dos afluentes do biodigestor, caracterizar o biogás com cromatografia gasosa (CG) e testar outros materiais vegetais in natura e ensilados com diferentes tempos de armazenamento, testar outras doses de inóculo, desenvolver um sistema de purificação do biogás (remoção de CO_2 e H_2S) eficiente e de baixo custo e que seja acessível aos pequenos produtores rurais da região nordeste do Brasil.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf) pelo espaço, ao CNPq pela concessão das bolsas de PIBIC e a todos os colaboradores pela ajuda incondicional na execução dos trabalhos realizados pelo grupo de estudos em Engenharia de Biossistemas e Convivência com o Semiárido - EngBICS.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. *et al.* **Potencial de Produção de Biogás a Partir de Biomassa de Suinocultura com Culturas**. 2016. Dissertação (Mestrado Em Engenharia Energética na Agricultura) - Faculdade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2016.

CAETANO, L. **Proposição De Um Sistema Modificado Para Quantificação De Biogás**. 1985. 75 f. Dissertação (Mestrado Em Agronomia - Área De Concentração De Energia Na Agricultura) - Faculdade De Ciência Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1985.

COHEN, J. E. A maturidade da população. **Scientific American**, Edição Especial para o Brasil, São Paulo, n. 41, p. 40-47, out. 2005.

FERRAZ, J. M. G.; MARRIEL, I. E. Biogás: uma fonte alternativa de energia. **Circular técnica**, n. 3. Embrapa-CNPMS, Sete Lagoas, p. 27, out. 1980.

FRIEHE, J.; WEILAND, P.; SCHATTAUER, A. Fundamentos da fermentação anaeróbia *In*: FNR - FACHAGENTUR NACHWACHSENDE ROHSTOFFE. **Guia prático do biogás**. 5. ed. Gülzow-Alemanha Deutsches Biomasse Forschungs Zentrum, 2010. p. 20- 27.

FURMAN, L. *et al.* Construção e operação de um biodigestor em batelada. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 8, n. 2, 28 fev. 2020.

GOMES, William *et al.* Benefícios da biodigestão: uma técnica sustentável. *In*: **IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**. Porto Alegre, 2014.

KADER, A. (ed.) **Postharvest Technology of Horticultural Crops**. 3 ed. California: University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 3311. 2002. 535 p.

KUNZ, A.; STEINMETZ, R. L. R.; AMARAL, A. C. **Fundamentos da digestão anaeróbia, purificação de biogás, uso e tratamento do digestato**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019.

MACHADO, N. S.; MOGAMI, C. M.; SILVA, K. A.; OLIVEIRA, F. F. Review of alternatives for removing hydrogen sulfide (H₂S) from biogas from anaerobic fermentation of agricultural waste and its uses, benefits and economic viability from 1969 to 2010 – 40 years of research. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 9, n. 03, mar. 2023. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v9i3.8879>

PISTORELLO, J.; CONTO, S. M.; ZARO, M. Geração de resíduos sólidos em um restaurante de um Hotel da Serra Gaúcha. **Eng. Sanitária e Ambiental**, Porto Alegre, v. 20, n. 3, p. 337-346, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000133231> Acesso em: Mar. 2022.

REIS, M. F.; CONTI, M. D.; CORREA, M. R. M. Gestão de Resíduos Sólidos: Desafios e Oportunidades para a Cidade de São Paulo, RISUS. **Journal on Innovation and Sustainability**, v. 6, n. 3, p. 77-96, 2015.



RECIMA21 - REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINAR
ISSN 2675-6218

CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE BIODIGESTORES DE BANCADA, TIPO BATELADA, PARA QUANTIFICAR BIOGÁS A BAIXO CUSTO
Neiton Silva Machado, Ediclécio de Souza Silva, Amanda Aparecida Martins Freire, Chandler Belchior de Sá,
Bruno França da Trindade Lessa, Cristina Akemi Mogami

SOUZA, J. *et al.* Tecnologia para Dimensionamento e Projeto de Reatores Anaeróbicos. *In: VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental*, Porto Alegre, 2012.

TOMY. *et al.* **Manual básico de biogás**. Lajeado: Editora Univates, 2014. 69 p.

UGALDE, F. Z.; NESPOLO, C. R. **Desperdício de alimentos no Brasil**. 4 ed. Rio Grande do Sul: SB RURAL, 2015.