



MODELAGEM DE UM BIOGERADOR TIPO MARINHA PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA USANDO O CACAU COMO ADITIVO

Rafaela C. F. Brito, rcfbrito@uesc.br¹
Jorge Henrique Sales, jhosales@uesc.br¹
Rodrigo Gaigher Cezana, rgaigher@gmail.com²

¹Universidade Estadual de Santa Cruz, Campus Soane Nazaré de Andrade, Rodovia Jorge Amado, km 16, Bairro Salobrinho CEP 45662-900. Ilhéus-Bahia.

²Avenida Sebastião Reginaldo Cunha, 268, CEP 37540-000, Santa Rita do Sapucaí- MG

Resumo. Apesar do cenário adverso ao crescimento econômico, a demanda por energia continua crescendo e consolidando-se como uma área promissora para investimentos. Nessa perspectiva, este trabalho visa investigar e analisar os fatores que influenciam a produção do biogás gerado em um biodigestor para produção de energia elétrica em uma fazenda de cacau, frente à crise energética atual. Utilizando a modelagem matemática de um sistema de equações não lineares que correlacionem a quantidade de bactérias que produzem o biogás à quantidade de biogás produzido no interior do biodigestor. Estas relações são associadas, ao tipo de substrato disponível e a utilização de aditivos como a casca de cacau. Os resultados da modelagem mostram uma relação de equilíbrio entre o crescimento máximo de bactérias e a produção máxima de biogás, com posterior estabilização. As simulações realizadas com o aditivo da casca de cacau, exibem o ganho de um dia para início da produção de gás, sendo considerado este, um ganho notável para geração de energia.

Palavras chave: Biodigestor. Modelagem matemática. Simulação. Eficiência Energética.

1. INTRODUÇÃO

É cada vez mais comum e pertinente o diálogo sobre a utilização de fontes energéticas renováveis como uma alternativa ao esgotamento dos recursos naturais e aos impactos ambientais gerados com a utilização dos combustíveis fósseis e fontes energéticas convencionais, que nos últimos anos tem tido elevados preços de utilização.

O Brasil já é um dos destaques na área de apostas em energias renováveis, liderando o ranking da matriz de geração de eletricidade com fontes renováveis (como a biomassa e as fontes hídricas) dos países que integram o bloco dos BRICS com expressivos 80,4%. O valor supera o indicador do bloco com 25,3% em mais de 1/3, segundo dados do boletim anual “Energia no bloco dos BRICS”, para o ano de 2016. Em relação aos projetos redutores de emissões, ao qual o Brasil se voluntariou no tratado do Protocolo de Quito em 2005, este já ocupava em 2009 o 3º lugar em número de atividades de projeto no âmbito de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Este mecanismo de mercado permite a certificação de projetos de redução de emissões e posterior venda das reduções certificadas de emissões – RCEs no mercado internacional, destacando o 2º lugar para cogeração de biomassa na distribuição energética das atividades de projeto aprovadas pelo CMGC – Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (MCT, 2009).

Estas informações revelam a amplitude das aplicações e demandas de diversificação da matriz energética atual e se refletem também no âmbito regional.

De acordo com o Boletim de Conjuntura Econômica e Social, para a microrregião de Ilhéus-Itabuna (CACES, 2017), a evolução da demanda de energia das atividades econômicas nos municípios de maior PIB da região, no 4º trimestre de 2017 destaca uma maior alta na demanda por energia registrada no setor agrícola de 11,9%, seguida pelo setor de comércio e serviços (2,5%), quando comparado com o mesmo trimestre de 2016. Dados que revelam que

apesar do cenário adverso ao crescimento econômico, a demanda por energia continua crescendo e consolidando-se como uma área promissora para investimentos no que tange às formas alternativas de obtenção de energia elétrica ou gestão de energia.

Diante deste cenário, a biomassa se apresenta como uma solução tecnológica de grande potencial gerador de energia, já apontando um valor de 1206 MW na cogeração de energia em 2009, em comparação com os 1265 MW das hidrelétricas (MCT, 2009). Além da grande versatilidade em poder ser utilizada em substituição aos combustíveis convencionais e na geração de energia elétrica, esta pode ser encontrada em “toda matéria de origem vegetal existente na natureza ou gerada pelo homem ou animal” (SALOMON e FILHO, 2007). A principal forma de utilização dessa biomassa se dá por meio da conversão biológica, realizada por meio das bactérias anaeróbicas em ambientes hermeticamente fechados, onde o gás metano (CH_4) é produzido, principal componente do biogás, em conjunto com o dióxido de carbono (CO_2) e outros gases em menores quantidades.

A conversão da matéria orgânica em biogás se dá no interior de biodigestores através de bactérias anaeróbicas metanogênicas. Sua composição pode variar em função de fatores como temperatura, umidade, acidez, impermeabilidade ao ar, quantidade e tipo de biomassa colocada no interior do biodigestor e do tamanho deste. Além desses fatores, existem outros parâmetros influenciadores da geração de energia proporcionada pelo biogás que vão impactar diretamente no dimensionamento do processo de tratamento e viabilidade do projeto, que em geral estão associadas as condições fermentativas no interior do biodigestor.

Apesar dos inúmeros estudos na área, a vasta gama de literatura sobre o assunto não apresenta um modelo definido de correlação de fatores para efetividade do fornecimento de energia através do biogás. Este é um problema cuja solução, quando aplicada em propriedades rurais, pode contribuir para que a possível autonomia energética gerada com o uso de biodigestores cause a diminuição dos danos provocados pela alta carga poluente, que é fruto do grande volume de resíduos oriundos da exploração agrícola e pecuária.

Nessa perspectiva, este trabalho visa investigar e analisar os fatores que influenciam a produção do biogás gerado em um biodigestor para produção de energia elétrica em uma fazenda de cacau, em uma ótica de gestão, eficiência energética e aproveitamento de resíduos; em especial aqueles provenientes da exploração agrícola do cacau.

A distribuição de temperatura no interior de produtos agrícolas de composição e formas variadas tem sido objeto de estudo na análise dos processos de secagem, aeração e resfriamento do cacau (SALES; LIMA, 2015, 2018), mostrando que possuem propriedades térmicas relevantes, como o alto poder calorífico de sua casca que ainda é tida como um subproduto desperdiçado neste beneficiamento.

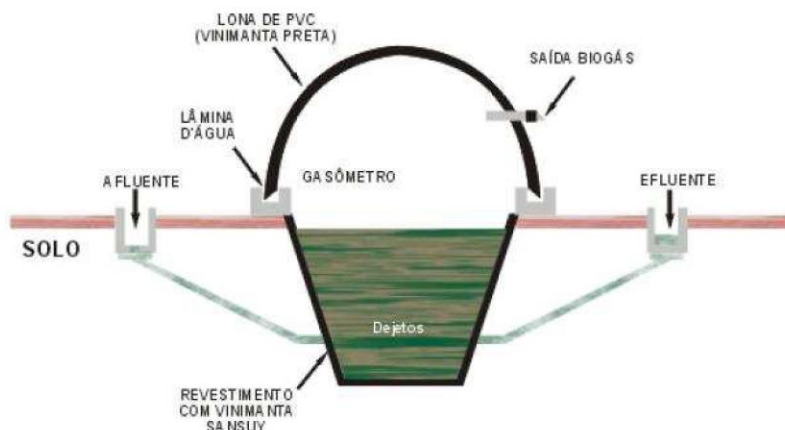
Desta forma, a metodologia utilizada será a modelagem matemática de um sistema de equações não lineares que correlacionem a quantidade de bactérias que produzem o biogás e a quantidade de biogás produzido no interior do biodigestor. Serão examinadas as condições favoráveis à digestão anaeróbica da biomassa com e sem o adicional da casca de cacau, associando esses fatores a conversão energética necessária à viabilidade do projeto.

2. ESTUDO DE CASO

O objeto de estudo deste trabalho é a Fazenda São José, localizada no município de Barro Preto, que mantém a tradição de cacauicultores na região sul da Bahia desde 1896, possuindo uma área de cultivo de cacau, de 36,50 ha, além dos 27,5 ha que incluem área de pasto, reserva legal, capoeira, área de Preservação Permanente (APP), entre outras áreas com benfeitorias.

Este projeto fará desta propriedade a primeira unidade rural do Sul da Bahia a dispor de um biodigestor para a geração de energia elétrica, com a construção de um biodigestor Modelo da Marinha (conforme Fig. 1), de processo descontínuo, à batelada, com capacidade de suprimento do consumo médio de energia da população e reaproveitamento dos dejetos, gerando mais economia e menor impacto ambiental.

Figura 1 – Representação em corte de um biodigestor simplificado do Modelo da Marinha do Brasil (PRATI, 2010)



O material disponível para ser utilizado como substrato na digestão anaeróbica dentro do biodigestor conta com resíduos orgânicos gerados pela população rural da propriedade e os resíduos vegetais gerados pelas atividades agropecuárias (cultivos, criações de animais, beneficiamento, processamento e outros oriundos da mesma fonte).

Na análise dos parâmetros de modelagem do sistema do biodigestor, a condição inicial das operações é um fator determinante. Sendo assim, faz-se necessário que o dimensionamento e escolha do biodigestor tragam informações como volume inicial de substrato, carga diária, tipo de retirada e conseqüentemente volume de biogás produzido. Esses dados tornam possível a determinação das constantes e condições iniciais de operação do conjunto a serem modeladas.

Neste estudo, considera-se que o biodigestor projetado seja capaz de receber o volume de lixo orgânico produzido diariamente pela média de 200 pessoas que vivem ou trabalham na fazenda, somadas às contribuições da carga de dejetos animais e resíduos vegetais.

Os resíduos vegetais, como a casca de cacau, gerados com a atividade agrícola, são um aditivo à produção de biogás, com grande potencial de utilização. Estes resíduos representam 80% do fruto do cacauzeiro (CARDOSO, 2002) e têm sua quantidade total calculada a partir da produtividade média mensal de quinze arrobas por hectare, que é gerada na Fazenda, com uma proporção de água de uma tonelada de casca triturada para um metro cúbico de água (CEPLAC, 2012).

Através destes valores, as condições iniciais de crescimento das bactérias e produção de biogás podem ser determinadas com o auxílio das equações diferenciais descritas na próxima seção.

2.1. Modelo Matemático Proposto

A composição das bactérias que atuam na fermentação do substrato, assim como o processo de formação do biogás, são extremamente complexos. Neste contexto, o modelo analítico proposto relaciona apenas duas das componentes básicas de um biodigestor, considerando estas componentes como duas populações em um

modelo particular de competição, que são afetadas diretamente pela quantidade de recursos ambientais disponíveis. Em termos matemáticos, tem-se:

1. $x = x(t)$: quantidade de bactérias que produzem o biogás em um tempo t , e
2. $y = y(t)$: quantidade de biogás produzido e preso no seu interior.

Supondo que x e y sejam variáveis dependentes do tempo t , onde x é considerada uma população de bactérias generalizadas, e não apenas de uma qualidade específica.

A variação da quantidade de bactéria $\frac{dx}{dt}$ depende de sua própria quantidade inicial e seu crescimento pode ser inibido pelas condições ambientais como: espaço, alimentação, acidez, temperatura, etc., ou pela presença do próprio biogás produzido.

A variação da quantidade de biogás $\frac{dy}{dt}$ no interior do biodigestor é proporcional à quantidade de bactérias presentes e uma diminuição pode ser traduzida pelo tipo de retirada efetuada.

Estas hipóteses estão relacionadas no seguinte sistema:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = F(x) - pxy \\ \frac{dy}{dt} = kx - h(y, t) \end{cases} \quad (1)$$

onde as constantes p e k são positivas; $F(x)$ fornece a variação das bactérias, independentemente da presença de biogás; o termo pxy é responsável pelo fator de inibição, e a função $h(y, t)$ é responsável pelo tipo de retirada de biogás que é efetuada.

Estamos interessados em avaliar as condições de crescimento dessas bactérias para o caso particular onde todo gás produzido seja mantido no interior do biodigestor, com isso temos $h(y, t) = 0$. Desta forma, substituindo $F(x) = \alpha x$ (tal que α representa uma constante de proporcionalidade, positiva, válida para o início do biodigestor, onde o crescimento das bactérias ainda não está inibido) no sistema (1), tem-se:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \alpha x - pxy \\ \frac{dy}{dt} = kx \end{cases} \quad (2)$$

Neste caso, $x = 0$ é uma reta de equilíbrio, pois se não existirem bactérias não haverá fermentação.

Analisando as curvas soluções no plano de fase

$$\frac{dx}{dy} = \frac{\alpha - py}{k} \quad (\text{com } x \neq 0). \quad (3)$$

Integrando (3), que é uma equação separável (BASSANEZI, 1988), obtemos:

$$x = \frac{\alpha}{k}y - \frac{p}{2k}y^2 + C$$

onde C é uma constante de integração. Supõem-se que $x(0) = x_0 > 0$ e $y(0) = 0$ então,

$$x = \frac{\alpha}{k}y - \frac{p}{2k}y^2 + x_0$$

Que estabelece a quantidade de bactérias x como função do biogás produzido y , atingindo seu valor máximo em $x_{max}(x_0) = x_0 + \frac{\alpha^2}{2kp}$ quando $y = \frac{\alpha}{p}$, enquanto y é limitado por

$$y_{max} = \frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 2kx_0p}}{p} > \frac{\alpha}{p}$$

Os dois valores x_{max} e y_{max} dependem da quantidade inicial de bactérias x_0 . Por outro lado, substituindo a expressão de x dada em (4) na segunda equação do sistema (2), obtemos a equação separável

$$\frac{dy}{dt} = \alpha y - \frac{p}{2}y^2 + x_0k \quad (5)$$

Resolvendo essa equação diferencial de primeira ordem separável tem-se

$$y(t) = \frac{y_p y_N (1 - e^{-t\Delta})}{y_N - y_p e^{-t\Delta}} \quad (6)$$

onde $\Delta = \sqrt{\alpha^2 + 2pkx_0}$, $y_p = \frac{\alpha + \Delta}{p} > 0$ e $y_N = \frac{\alpha - \Delta}{p} < 0$. Assim, quando $t \rightarrow \infty$, $y(t)$ tende a y_p , ou seja, a produção de gás é limitada.

Como visto anteriormente, a quantidade máxima de bactérias é atingida quando $y = \alpha/p$, ou seja, quando

$$t_1 = \ln\left(\frac{\Delta + \alpha}{\Delta - \alpha}\right) / \Delta.$$

Derivando a equação (6) em relação a t e substituindo na segunda equação do sistema (2) obtemos

$$\frac{dy}{dt} = \frac{4kx_0\Delta^2 e^{-t\Delta}}{[(\alpha - \Delta) + (\alpha + \Delta)e^{-t\Delta}]} = kx$$

Portanto,

$$x(t) = \frac{4x_0\Delta^2 e^{-t\Delta}}{[(\alpha - \Delta) - (\alpha + \Delta)e^{-t\Delta}]^2}$$

O que nos mostra que quando $t \rightarrow \infty$, as bactérias tendem à extinção.

Estas equações conseguem descrever com boa aproximação o processo anaeróbico de fermentação que ocorre no interior do biodigestor. A interação dessas variáveis é analisada graficamente, utilizando como parâmetros o volume inicial de substrato x_0 , calculado no dimensionamento do sistema, e constantes obtidas da literatura em trabalhos experimentais.

Devido a aplicabilidade deste trabalho em uma fazenda de cacau, as simulações realizadas são feitas considerando os resíduos agrícolas desta cultura, para verificação da influência deste substrato como aditivo.

Os resultados desta modelagem matemática alimentarão as entradas de um sistema eletrônico de controle do processo fermentativo para o biodigestor, que está sendo desenvolvido pela empresa Legon, em Santa Rita, Minas

Gerais, introduzindo a variação da quantidade de bactérias em função da produção de biogás na alimentação do controle do sistema (Fig. 2).

Figura 2 – Sistema eletrônico para controle de biodigestores.



Com o modelo desenvolvido, podem ser avaliadas as condições de operação do sistema para a futura determinação do grupo gerador de eletricidade e da viabilidade da autonomia energética para o caso estudado na Fazenda São José.

2.1. Condições iniciais de Operação: Dimensionamento do Sistema

Para definição dos parâmetros de cálculo das equações diferenciais que expressam as relações de quantidade de bactérias versus biogás, é preciso que sejam estipuladas as condições iniciais de operação do sistema. O volume de substrato utilizado é um desses indicadores essenciais na modelagem matemática do biodigestor.

Os resíduos orgânicos de origem animal são inicialmente estimados em relação à área de pasto disponível na propriedade. Por se tratar de uma fazenda de cultivo de cacau, o número de animais disponível foi considerado pequeno. Apesar disso, o volume de substrato não é afetado, já que conta com os outros resíduos provenientes da atividade agrícola, calculado com base nos quatro meses durante o período de safra.

A vazão doméstica média de esgoto dos moradores rurais da propriedade, considera um adicional de 10% para suportar pequenas variações de carga (OLIVER; NETO, 2008), obtendo o valor de 2,6 m³/dia.

Somadas todas as contribuições de substratos disponíveis, tem-se um volume de carga total de aproximadamente 75,80 m³/dia de matéria orgânica, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Volume e tipos de dejetos disponíveis.

Dejetos	Volume de carga disponível (m ³ /dia)
Bovinocultura	2,60
Esgoto doméstico/hab.	18,40
Casca de Cacau	54,80
Total	75,80

Com esse resultado é possível estimar o volume do biodigestor, como mostrado abaixo, para um período de retenção hidráulica de 35 dias.

$$V_B = V_C \times T_{RH} \rightarrow V_B = (75,80 \text{ m}^3/\text{dia}) \times (35 \text{ dias})$$
$$V_B = 2653,10 \text{ m}^3$$

Este valor aproximado de 2653 m³ corresponde a cerca de 1,06 do volume de uma piscina olímpica de 2500 m³, sendo coerente à capacidade de armazenagem da câmara de fermentação do modelo de biodigestor da Marinha. Mas, podemos dividir esse volume por 3 sistemas com capacidade de aproximadamente de 885 m³ para cada biodigestor.

2.2 Modelagem Matemática do Biogás

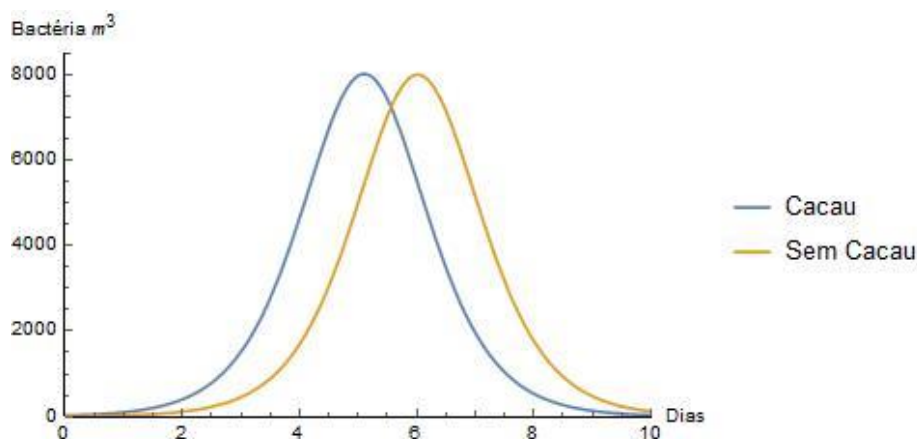
Os modelos matemáticos para biodigestores anaeróbicos foram formulados a partir de observações das espécies de bactérias em seus meios, permitindo extrair daí as principais variáveis que influenciam o seu desenvolvimento. Nestes modelos o crescimento de bactérias depende da quantidade de substrato e de algumas condições ambientais. Estas condições são descritas através das constantes α , p , k e x_0 (ORO, 2017).

No caso estudado, a simulação realizada a partir da Equação 6, levou em consideração os valores de $\alpha = 1,4$, $p = 0,0007$ e $k = 0,175$; obtidas através de dados coletados em biodigestor instalado em Santa Rita-MG através da parceria com a empresa Legon - MG.

A carga de efluente calculada anteriormente, é considerada uma das condições iniciais de operação do sistema, devido à pouca variação, podendo ser considerada constante para cada biodigestor. Assim, temos um valor para cada biodigestor de $x_0 = 7 \text{ m}^3$, para a contribuição de dejetos humanos e animais, e $x_0 = 25 \text{ m}^3$ adicionando a casca de cacau. Em ambos os casos, na Equação (6), $y_0 = 0$, pois não temos biogás inicialmente.

A curva característica que representa o crescimento de bactérias em função do tempo é mostrada na Figura 3, para os casos com e sem o acréscimo da casca de cacau.

Figura 3 - Crescimento de bactérias em função do tempo.



A curva-solução no plano de fase da Figura 3, mostra que a produção máxima é atingida quando a quantidade de bactérias se encontra em torno de 8000; valor que pode ser verificado pela equação $x_{max}(x_0) = x_0 + \frac{\alpha^2}{2kp}$ quando $y = \frac{\alpha}{p}$. À medida que há a transformação do material orgânico no chamado afluente (biofertilizante), estas bactérias tendem à extinção entre o sexto ou o sétimo dia, quando deve ocorrer uma nova carga de substrato.

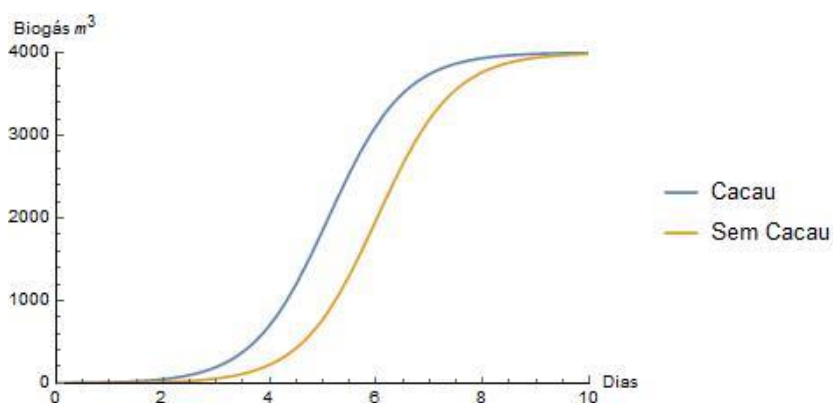
O gráfico da Fig. 3 mostra ainda que há um deslocamento da curva no eixo horizontal à medida que o volume x_0 é reduzido. Apesar do crescimento máximo se encontrar em torno do mesmo valor (8000 bactérias), na utilização

do aditivo da casca de cacau, observa-se uma economia de tempo de aproximadamente um dia no processo fermentativo; obtendo um pico de crescimento em torno do terceiro dia de fermentação.

A proliferação de bactérias alcança um máximo apenas em torno do quarto dia de fermentação, quando não há utilização da casca de cacau. Mostrando que o crescimento das bactérias passa a ser diretamente afetado pela quantidade inicial de substrato.

Esta simulação também é feita para a produção diária de biogás com diferentes condições iniciais de operação (Fig. 4).

Figura 4 – Produção de biogás em função do tempo.



Percebe-se que no primeiro estágio de degradação da matéria orgânica, em torno da origem do eixo de coordenadas, a produção inicial de biogás é quase nula, momento em que ocorre ação das bactérias hidrolíticas e fermentativas. Após a criação das condições adequadas no efluente, entram em ação as bactérias metanogênicas, produtoras do biogás.

As curvas nos mostram que a produção de gás é limitada em torno de 4000 m³ em ambos os casos. Entretanto, é observado, através da curva em azul, que a produção de biogás é iniciada em torno do segundo dia de fermentação quando a casca de cacau é utilizada como aditivo. Em comparação, para o caso da não utilização da massa de cacau (curva amarela), é observado que o início da produção se dá de maneira mais tardia, em torno do terceiro dia de fermentação; validando os resultados da Figura 3.

3. CONCLUSÕES

Como foi visto, a biomassa se apresenta como um recurso renovável de grande valia, em especial para o âmbito agrícola, contribuindo com a diminuição do volume de resíduos descartados e a emissão de gases do efeito estufa, além de poder ser utilizada em sistemas energéticos de cogeração ou suprimento de demandas isoladas da rede, através dos biodigestores.

A hipótese de utilização do modelo de biodigestor da Marinha é confirmada segundo a característica de grande volume da câmara de fermentação que seria necessário, avaliada nas condições iniciais de operação do sistema.

A partir do volume diário de substrato, as simulações realizadas no software Mathematica, demonstram a relação de crescimento e estabilização existente entre a quantidade de bactérias e produção de biogás. Além disso, a verificação da utilização da casca de cacau como aditivo reflete uma diferença significativa na produção diária de biogás, com ganho de um dia no processo fermentativo; podendo ser considerado um catalisador do processo.

Ademais, a investigação para a cogeração ou autonomia energética dos dispositivos analisados neste sistema em um cenário particular de uma fazenda de cacau envolve uma série de reações consecutivas, paralelas, independentes e complexas. A modelagem desses sistemas pode requerer análises mais profundas, que levem em consideração outros parâmetros de modelagem, como a temperatura ou a retirada de biogás do biodigestor, que podem interferir na análise dos dispositivos do sistema gerador e conseqüentemente na autonomia energética gerada. Estes, entre outros parâmetros, se encontram em estudo no presente momento.

4. AGRADECIMENTOS

J.H.S agradece a Fapesb-PIE0013-2016 e o CNPq-315519/2018-5.

5. REFERÊNCIAS

- BASSANEZI, R. C.; FERREIRA JUNIOR, W.C. Equações Não Lineares: Estudo Qualitativo. In: BASSANEZI, R. C.; FERREIRA JUNIOR, W.C. Equações Diferenciais com Aplicações. São Paulo: Harbra, 1988. cap. 5, p. 321-383.
- BOLETIM DE CONJUNTURA ECONÔMICA E SOCIAL. Microrregião Ilhéus-Itabuna: Departamento de Economia (CACES) – Universidade Estadual de Santa Cruz, 2017 - Anual. ISSN 2525-5134.
- CARDOSO, S. A. et al. Utilização de Resíduos de Cacau para Produção de Energia no Estado do Pará. Universidade Federal do Pará, 2002.
- CEPLAC. Aproveitamento dos Subprodutos, Derivados e Resíduos do Cacau. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DO CACAU: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUSTENTABILIDADE. 2012, Ilhéus, 2012. 43 slides.
- ENERGIA NO BLOCO DOS BRICS. Brasília: Ministério de Minas e Energia – MME, 2016. Anual.
- LIMA, G. P.; SALES, J. H. Sistema alternativo para secagem de cacau e geração de energia. Revista GEINTEC: Gestão, Inovação e Tecnologias, v. 5, p. 1703 -1715, 2015.
- Ministério da Ciência e Tecnologia – MCT. Status atual das atividades de projeto no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no mundo. 2009. Disponível em: chrome-extension://oemmdcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/arquivos/status_md/Status_MD_Port_correcao_em_030809_eagles1.pdf. Acesso em: 26 jun 2018.
- OLIVER, André de Paula Moniz; NETO, Aurélio de Andrade Souza; QUADROS, Danilo Gusmão; VALLADARES, Renata Everett. Manual de Treinamento em Biodigestão, 2008.
- ORO, N. T. et al. Modelagem e Simulação do Processo de Produção de Biogás num Biodigestor Urbano. Revista CIATEC, vol. 9, n. 1, p 25–35, 2017.
- PRATI, L. Geração de Energia Elétrica a partir do Biogás Gerado por Biodigestores. 2010. 83 f. Graduação (Engenharia Elétrica – Graduação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.
- SALOMON, K. R; FILHO, G. L. T. (Org.). Série Energias Renováveis: Biomassa. Itajubá: Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas – CERPCH, 2007. 36 p. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2007.
- SALES, J. H.; LIMA, G. P.. Thermal Diffusivity of the Cocoa in the Function Model Geometry, SODEBRÁS, v. 13, p. 31-34, 2018.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.