

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM SISTEMA DE PRODUÇÃO DE SUÍNOS COM TRATAMENTO DE RESÍDUOS EM BIODIGESTOR E GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DO BIOGÁS

RAFAELLA RESENDE ANDRADE¹, ALESSANDRO VIEIRA VELOSO², MATHEUS CAMPOS MATTIOLI³, DAIANE CECCHIN⁴, ALESSANDRO TORRES CAMPOS⁵

¹Engenheira Agrícola, Mestranda em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente), UFV/Viçosa-MG, (35) 9121 1504, rafaella_resende2@hotmail.com

²Professor Adjunto do Departamento de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, veloso.alessandrovieira@yahoo.com.br

³Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente), UFLA/Lavras-MG, mattioli-cmatheus@hotmail.com

⁴Engenheira Agrícola, Doutoranda em Engenharia Agrícola (Construções Rurais e Ambiente), UFLA/Lavras-MG, daianececchin@yahoo.com.br

⁵Professor Associado do Departamento de Engenharia, UFLA/Lavras-MG, campos@deg.ufla.br

Apresentado no
XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015
13 a 17 de setembro de 2015 - São Pedro - SP, Brasil

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar os fluxos de energia de um sistema de produção de suínos de ciclo completo, localizado em Lavras – MG. Para tanto, realizou-se estudo de análise energética, através do acompanhamento de um lote de animais, durante o período de 150 dias. Quantificou-se o coeficiente energético de cada componente envolvido no processo de produção e tratamento dos resíduos, por meio de biodigestores (entradas e saídas) e se determinaram as matrizes de consumo energético nas formas de ração, água, mão-de-obra, máquinas e equipamentos, combustíveis e lubrificantes, instalações, produção de suínos vivos, produção de biofertilizante e conversão da energia química do biogás em energia elétrica. Os resultados indicaram que, embora a produção de energia elétrica a partir do biogás contribua para a sustentabilidade, o sistema de produção em questão se enquadrava nas características de um agroecossistema industrial, altamente especializado, importando grande parte da energia consumida no processo de produção e apresentando eficiência energética de 25,29%.

PALAVRAS-CHAVES: Balanço de energia, construções rurais, instalações para suínos.

ENERGETIC EFFICIENCY OF SWINE PRODUCTION SYSTEM WITH BIODIGESTER WASTES TREATMENT AND GENERATION OF ELECTRIC ENERGY FROM BIOGAS

ABSTRACT: The goal of this work was to evaluate the energy flows of a complete cycle swine production system, located at Lavras, in the State of Minas Gerais, Brazil. Quantified the energy coefficient of each component involved in the production and waste treatment process, through biodigesters (inputs and outputs) and determine the matrices of energy consumption in the forms of food, water, hand labor, machines and equipment, fuels and lubricants, plant, production of live pigs, bio-fertilizer production and chemical conversion of biogas energy into electrical energy. The results indicated that although the production of electricity from biogas contributes to sustainability, the production system in question is framed in the characteristics of an industrial agroecosystem, highly

specialized, importing most of the energy consumed in the production process and presenting energy efficiency of 25.29%.

KEYWORDS: Energy input and output, rural buildings, swine buildings

INTRODUÇÃO: Atualmente, para suprir as necessidades do mercado consumidor de carnes e derivados, os atuais moldes da atividade suinícola caracterizam-se por sistemas de produção intensivos e tecnificados, os quais preveem a concentração de animais em pequenas áreas, gerando, conseqüentemente, grandes volumes de resíduos poluentes (CAMPOS et al., 2013; XAVIER & LUCAS JÚNIOR, 2010). Nesse contexto, uma das alternativas que contribuem para o manejo e o tratamento desses resíduos, é o processo de biodigestão anaeróbia por meio de biodigestores (XAVIER & LUCAS JÚNIOR, 2010), pois promove a geração do biogás, como fonte de energia renovável, e do biofertilizante (SOUZA et al., 2008). Uma das aplicabilidades do biogás é a possibilidade de conversão da sua energia química em eletricidade. Para esse fim, o biogás é utilizado para a alimentação de grupos moto-geradores (GALBIATTI et al., 2010; SOUZA et al., 2010). Dessa forma, considerando que as unidades de produção de animais confinados demandam energia elétrica e fóssil, que são insumos bastante onerosos no processo produtivo, justificam-se estudos sobre o uso de energia alternativa nesse segmento (SANTOS et al., 2007).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os fluxos de energia em um sistema de produção de suínos com tratamento de resíduos em biodigestores, que utiliza o biogás como matéria-prima para geração de energia elétrica, verificando as formas de energia direta e indireta envolvidas no seu processo de produção.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi desenvolvido na Granja Niterói, que possui sistema de produção de suínos de ciclo completo, localizada no município de Lavras, estado de Minas Gerais - MG, situada à latitude de 21°14' Sul e longitude de 45°00' Oeste, com 918 m de altitude (DANTAS, et al., 2007). As edificações suinícolas que compõem o referido sistema de produção totalizam 5.974 m² de área interna, onde são alojados 5.955 animais. Os resíduos são manejados na forma líquida e conduzidos para o sistema de tratamento através de canaletas laterais externas. A produção diária de biomassa residual é de 54,85 m³.

O sistema tratamento de resíduos é constituído por uma lagoa de equalização, dois biodigestores e uma lagoa de estabilização. A lagoa de equalização possui 216 m³ de volume vinculada a um conjunto motobomba helicoidal de 25 m³ h⁻¹ de vazão e 15 cv de potência, que propicia a elevação do efluente até uma caixa difusora de fluxo, que distribui os resíduos para dois biodigestores, localizados em nível mais elevado na propriedade. Dois biodigestores modelo canadense realizam o tratamento dos resíduos, cada biodigestor com volume de 1.085 m³. Após o tratamento os resíduos são escoados, através de tubos de PVC de 200 mm, para uma lagoa de estabilização (volume de 20.451,82 m³). A configuração da planta de geração de eletricidade é constituída pelo motor de combustão interna e pelo gerador síncrono. O biogás é transportado do biodigestor até o conjunto motor gerador por tubulação. O motor do conjunto gerador é de combustão interna marca Mercedes Benz ®, modelo 352 "ottolizado" (motor diesel adaptado a Otto), para o uso do biogás como combustível. O gerador de eletricidade é trifásico da marca WEG, modelo GTA 201 AI HE, 220/380 VCA, 3.600 rpm, 60 Hz. O período de funcionamento do conjunto motor gerador é de 24 horas.

O sistema foi delimitado pelas atividades relativas ao trato e ao manejo dos animais, tratamento dos resíduos gerados, conversão da energia química do biogás em energia elétrica e distribuição do biofertilizante, incluindo, gastos e gerações energéticas embutidas no sistema de produção.

A energia consumida no processo produtivo foi classificada como direta e indireta. Como energia direta, considerou-se aquela referente à água, combustíveis, graxa, lubrificantes, mão-de-obra e ração. No que se refere à energia indireta, foi considerada a empregada nas instalações, nos biodigestores, nas lagoas de equalização e estabilização, nos silos de ração, na fabricação de máquinas e equipamentos, além de outros *inputs* necessários à produção (ANGONESE et al., 2006). Foram quantificados os componentes envolvidos no processo de produção de suínos sob diferentes formas de energia durante 150 dias. Para o cálculo da energia consumida por máquinas e equipamentos, utilizou-se a metodologia empregada por SANTOS & LUCAS JÚNIOR (2004) e ANGONESE et al. (2006), a qual consiste na aplicação de um método baseado na depreciação energética, que com base na massa das máquinas e equipamentos, consiste em depreciá-los durante sua vida útil.

Considerando-se as metodologias descritas em ANGONESE et al. (2006), foi considerado como energia útil de saída, o suíno vivo para o abate e o biofertilizante (volume total no ciclo a partir dos teores de N, P₂O₅ e K₂O). A produção média por ciclo de produção é de 4.360 suínos vivos para o abate, com peso médio de 100 kg, perfazendo um total de 436.000 kg de suíno terminado. O coeficiente de eficiência energética (η) foi estimado por meio da razão entre a energia convertida e a energia consumida pelo agroecossistema, conforme consta em SANTOS & LUCAS JÚNIOR (2004) e ANGONESE et al. (2006):

$$\eta = \frac{\Sigma E \text{ saída}}{\Sigma E \text{ consumo}} \quad (1)$$

Para obtenção dos teores de nitrogênio total (N), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) contidos no biofertilizante, efetuaram-se análises de valor agrônômico no Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ).

Nesse trabalho, a quantidade de biogás produzida nos biodigestores foi determinada pela demanda do conjunto motor gerador, conforme está descrito em CERVI et al. (2010). O poder calorífico do biogás com 65% de metano é 22,35 MJ m⁻³ (SANTOS et al., 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O peso, os consumos de óleo diesel, óleo lubrificante e graxa dos itens foram estimados a partir do manual das máquinas e implementos. Na literatura, não foram encontrados coeficientes energéticos referentes aos biodigestores, incluindo, o modelo canadense. Estimou-se o consumo energético dessas estruturas, obtendo-se o valor de 490.179,59 MJ de energia consumida na sua construção, adotando tempo de vida útil de 15 anos (CIRINO & FARIA, 2013) e a depreciação no ciclo período (150 dias), tem-se que o consumo energético foi de 13.429,58 MJ ciclo⁻¹. Da energia empregada no sistema, o maior consumo foi da energia direta com 19.045.465,84 MJ. Do total de energia indireta gasta por ciclo de produção, 143.457,96 MJ, as máquinas e equipamentos foram os itens mais representativos consumindo 76.217,83 MJ, o que representou, na matriz energética da unidade de produção, um dispêndio energético de 53,13%. Por outro lado, ANGONESE et al. (2006) trabalharam com 600 suínos de uma unidade de crescimento-terminação e reportaram que, em relação à energia indireta, o componente de maior relevância foi a estrutura do galpão com 55% (9.151,14 MJ), seguido pelo biodigestor, com 22,8% (3.785,80 MJ). Constatou-se a preponderância da energia direta através da ração, corroborado por ANGONESE et al. (2006), que apontaram a ração como o componente de maior aporte energético no processo produtivo (95,28%). Outros itens relacionados à energia direta empregada no sistema, como combustíveis, lubrificantes, graxa, água e trabalho humano, apresentaram valores baixos e, suas participações foram de 1,81%, quando somadas.

Em se tratando das saídas energéticas, o componente mais significativo foi o suíno para o abate, com 4.015.560 MJ, o que representou 82,76% do total de energia convertida. Tais valores são corroborados por outros trabalhos, no que se refere à energia convertida. ANGONESE et al. (2006) observaram que os suínos para o abate corresponderam a 56,8% das saídas de energia, perfazendo um valor de 632.775 MJ da energia convertida. O biofertilizante assumiu valores de 836.572,20 MJ, representando 17,24% do total da energia convertida. Para ANGONESE et al. (2006) o biofertilizante respondeu com 30,2% de toda energia convertida. Os resultados das análises de valor agrônômico do biofertilizante coletado na lagoa de estabilização revelaram que, em termos de nitrogênio total, P₂O₅ e K₂O, o referido composto apresentava, respectivamente, 1,23; 0,07 e 1,22 kg m⁻³. Nesse contexto, visando o seu aproveitamento como condicionador dos solos e fonte de nutrientes para as culturas, o biofertilizante pode ser aplicado ao solo e às pastagens, promovendo, a ciclagem de nutrientes na própria unidade de produção aumentando assim a eficiência energética do sistema.

Durante o ciclo período estudado (150 dias) a produção total de biogás foi de 176.760 m³, sendo consumida pelo grupo motor gerador, representando uma opção de economia para o setor produtivo, visto que a sua energia química pode ser convertida em energia térmica e/ou elétrica, as quais podem ser utilizadas para o abastecimento das unidades de produção.

De toda a energia envolvida no sistema de produção estudado, 19.188.923,80 MJ refere-se à energia consumida, ao passo que a energia convertida corresponde a 4.852.132,20 MJ, resultando em um

coeficiente energético de 0,2529 ou 25,29%, ou seja, para cada 100 MJ de energia importada pelo galpão suinícola, obtêm-se 25,29 MJ de energia convertida.

De acordo com ANGONESE et al. (2006), um coeficiente de eficiência energética (η) menor que “um” indica um sistema que importa, praticamente, toda a energia consumida no processo produtivo, característica de sistemas com alto nível de tecnificação. No sistema estudado, a quantidade média de energia requerida para produzir 1 kg de suíno vivo foi igual a 44,01 MJ.

Diante dos resultados obtidos, quando se considera a inexistência do conjunto motor gerador, a energia disponibilizada pela concessionária local deveria entrar nessa análise, o que contribuiria com um incremento de 237.945,60 MJ da energia consumida pelo sistema de produção e, ao mesmo tempo, reduziria a eficiência energética para 24,98%.

CONCLUSÕES: Constatou-se a preponderância da energia direta através da ração. Do total de energia indireta gasta por ciclo de produção, as máquinas e equipamentos foram os itens mais representativos com consumo energético de 53,13%.

A quantidade média de energia requerida para produzir 1 kg de suíno vivo foi igual a 44,01 MJ. Na quantificação energética de determinado sistema de produção, componentes com baixo consumo de energia, em termos percentuais, podem ocasionar impactos econômicos, ambientais e sociais. Embora a produção de energia elétrica a partir do biogás contribua para a sustentabilidade, o sistema de produção em questão se enquadrou nas características de um agroecossistema industrial, importando a maior parte da energia consumida no processo produtivo e exportando mais de 82% da produção, na forma de suínos para o abate.

AGRADECIMENTOS: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- ANGONESE, A.R.; CAMPOS, A.T.; ZACARKIM, C.E.; MATSUO, M.S.; CUNHA, F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento dos resíduos em biodigestor, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.745-750, 2006.
- CAMPOS, A.T.; VELOSO, A.V.; SILVA, E.B.; YANAGI JÚNIOR, T.; MATTIOLI, M.C. Nitrogen fertilization by deep bedding swine production and its effects on dry matter production and accumulation of nutrients by maize, **Engenharia Agrícola**, v.33, p.1257-1267, 2013.
- CERVI, R.G.; ESPERANCINI, M.S.T.; BUENO, O.C. Viabilidade econômica da utilização do biogás produzido em granja suinícola para geração de energia elétrica, **Engenharia Agrícola**, v.30, p. 831-844, 2010.
- CIRINO, J.F.; FARIA, L.V.P. Biodigestor para geração de energia elétrica a partir da suinocultura: análise de viabilidade para um sítio em Coimbra-MG, **Revista de Ciências Humanas**, v.13, p. 421-440, 2013.
- DANTAS, A.A.A.; CARVALHO, L.G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG, **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p. 1862-1866, 2007.
- GALBIATTI, J.A.; CAMELO, A.D.; SILVA, F.G.; GERARDI, E.A.B.; Chiconato, D.A. Estudo qualiquantitativo do biogás produzido por substratos em biodigestores tipo batelada, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, p.432-437, 2010.
- SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J. Balanço energético em galpão de frangos de corte, **Engenharia Agrícola**, v.24, p. 25-36, 2004.
- SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J.; SILVA, F.M. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível, **Engenharia Agrícola**, v.27, p. 658-664, 2007.
- SOUZA, C.F.; CAMPOS, J.A.; SANTOS, C.R.; BRESSAN, W.S.; MOGAMI, C.A. Produção volumétrica de metano – dejetos de suínos, **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, p.219-224, 2008.
- SOUZA, R.G.; SILVA, F.M.; BASTOS, A.C. Desempenho de um conjunto motogerador adaptado a biogás, **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, p.190-195, 2010.
- XAVIER, C.A.N.; LUCAS JÚNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inoculo, **Engenharia Agrícola**, v.30, p.212-223, 2010.