

Cenário energético do sistema de produção de suínos em fase de terminação com produção de energia elétrica via biogás

Angelica Buzinaro Avaci¹, Samuel Nelson Melegari Souza¹, Rosana Krauss Nieszolkoski¹,
Luíz Inácio Chaves¹, Reginaldo Ferreira Santos¹

¹Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Mestrado em Energia na Agricultura. Rua Universitária, 1.619,
Jardim Universitário, Cascavel - Paraná - CEP 85819-110.

angelicaavaci@hotmail.com, meleg_souza@hotmail.com, rosana.krauss@hotmail.com,
l_inaciochaves@hotmail.com, rfsantos@unioeste.com

Resumo: A inovação tecnológica ocorrida na agricultura brasileira nos últimos anos e o consequente aumento da demanda de insumos energéticos faz com que a questão da eficiência energética torne-se importante para determinar o grau de sustentabilidade da produção de alimentos. A produção de energia elétrica com fontes alternativas cada vez mais vem ocupando espaço no cenário nacional e mundial, devido as fontes de energia serem predominantemente de origem fóssil e finitas. Nesse contexto, visando a análise energética do sistema de produção de suínos em fase de terminação e sua consequente produção de energia elétrica via biogás, fez-se o balanço energético do sistema de produção. Obteve-se a maior parcela de energia de entrada com o consumo de ração (79,13%). Já na energia de saída o biofertilizante responde por 44,70% de toda a energia de saída. O coeficiente energético foi de 0,52 tornando o sistema eficiente em termos de energia.

Palavras-chave: eficiência, biogás, sustentabilidade

Scenario energy production system of pigs in the finishing phase to produce electricity with biogas

Abstract: Technological innovation in Brazilian agriculture occurred in recent years and the consequent increase in demand for energy inputs makes the issue of energy efficiency becomes important to determine the degree of sustainability of food production. The production of electricity with alternative energy sources increasingly been occupying space in the national and global energy sources because they are predominantly fossil and finite. In this context, in order to analyze the energy production system of pigs in the finishing phase and the consequent production of electricity via biogas, made up the balance of the energy production system. We obtained the largest share of energy input with feed intake (79.13%). Already in the biofertilizer energy output accounts for 44.70% of all energy output. The coefficient was 0.52 energy making the system efficient in terms of energy.

Keywords: efficiency, biogas, sustainability

Introdução

Nos dias atuais, busca-se desenvolver a agricultura de forma que não prejudique ao meio ambiente e ao mesmo tempo o aumento da produção de alimentos. A economia verde impõe inovações em bases sustentáveis para a colocação em mercados competitivos.

Emissão de gases que causam o efeito estufa, mudanças climáticas, e instabilidade de preços das energias existentes são itens importantes a serem estudados, para a busca de uma economia de sustentabilidade. E a agricultura entra neste contexto, uma das atividades com maior relevância, que além de produzir alimentos pode, se mal conduzida, poluir rios e nascentes, promover a derrubada de florestas, emitir gases de efeito estufa (com a produção de animais) entre outros agravantes.

A produção de biogás, uma das alternativas para diminuir a emissão dos gases de efeito estufa, e está sendo amplamente estudada e utilizada como projetos pilotos em vários estados com incentivo da rede privada e pública do país. Com a expansão da produção de suínos no Brasil, expandiu também a quantidade de dejetos gerada, causando um problema ambiental sem tamanho.

Porém, soluções foram implantadas, sendo elas: lagoa de estabilização e biodigestores. Elas conferem o tratamento dos dejetos, transformando-os em biogás ou biofertilizantes. O biogás pode ser usado para geração de energia elétrica, e o biofertilizante em lavouras. O balanço energético da produção de suínos torna-se um importante ponto de avaliação da sustentabilidade ambiental, apontando pontos onde gasta-se maior quantidade energia não renovável, possibilitando encontrar estratégias de economia.

O objetivo é fazer o balanço de energia em uma granja de suínos, que gera energia elétrica e biofertilizante proveniente de dejetos suínos.

O desenvolvimento da agricultura, a partir da II Guerra Mundial, teve como meta aumentar a produção mediante ao uso de insumos que tinham como matéria-prima recursos não-renováveis, como derivados do petróleo, com consequências diretas na sustentabilidade, não só no campo econômico, como nos fluxos de energia envolvidos (Almeida *et al.*, 2010).

Vários países nos últimos estão fazendo uso de instrumentos, como incentivo econômico para aumentar a produção de energia renovável. Os objetivos são: reduzir as emissões de gases do efeito estufa e aumentar a segurança energética através da substituição das energias fósseis. Os argumentos políticos para o aumento da produção de energia renovável são incentivos econômicos são classificados em preço e medidas de quantidade gerada (Shaw *et al.*, 2010).

A energia empregada em sistemas agrícolas, sua distribuição, seus fluxos e conversão fazem com que seja importante para a avaliação do grau de sustentabilidade de tais sistemas, ainda mais considerando as crises existentes no setor energético brasileiro. Tal procedimento permite determinar quais processos, equipamentos e materiais exigem maior consumo energético, apontando caminhos para economia de energia (Teixeira *et al.*, 2005;

Campos *et al.*, 2003). Para análises de sistemas de produção de agricultura familiar, essas análises objetivam dar maior compreensão do grau de sustentabilidade e determinar sua dependência de energia extra na propriedade, e o peso que essa dependência tem no processo produtivo (Almeida *et al.*, 2010).

A economia renovável é projetada para o desenvolvimento da bio-energia para que a dependência de combustíveis fósseis seja reduzida e consequentemente a redução da emissão dos gases de efeito estufa bem como o fomento do desenvolvimento da economia rural. Para ser considerado um substituto viável para os combustíveis fósseis, um combustível alternativo deve exibir benefícios ambientais superiores aos do combustível fóssil. Deve ser economicamente competitivo e ser capaz de serem produzidos para atender a demanda de energia. Também deve apresentar um ganho líquido de energia sobre as fontes de energia usadas para produzi-la (Bridgwater, 2006).

O balanço energético objetiva a determinação de fluxos de energia, apontar sua demanda total, sua eficiência energética mostrada pelo ganho líquido de energia e pela relação saída/entrada (energia produzida/ energia consumida) e a energia usada para produzir ou processar um quilograma de determinado produto (Siqueira *et al.*, 1999; Pimentel, 1980). Considerando a importância da produção de alimentos sustentável, o balanço energético e estudo econômico tornam-se indicativo de sustentabilidade ambiental, considerando o uso de energias não renováveis e sustentabilidade no campo como requisito para a continuação da atividade agrícola (Pracucho *et al.*, 2007).

A produção agrícola com seus sistemas intensivos vem causando sérios danos ambientais com dois aspectos: um pelo crescente e ágil esgotamento de recursos naturais e outro pela poluição ou contaminação por causa do excesso de liberação de componentes de resíduos no meio ambiente (Romero *et al.*, 2008; Kosioski e Ciocca, 2000). Todo processo de produção de alimentos gera grande quantidade de resíduos e esses resíduos armazenam alguma energia. Alguns sistemas podem reverter esse resíduo em energia, diminuindo seu custo de produção e virem a funcionar de forma energeticamente equilibrada (Santos e Lucas Júnior, 2004).

O balanço de energia tem relação direta com o balanço econômico e sua relevância vem sendo estudada periodicamente. Souza *et al.* (2012) avaliou o ciclo de vida do etanol da cana-de-açúcar e descobriu que a fase agrícola demanda 96% de toda a energia pra produção do etanol, a maior contribuição (48,5%) está associada ao uso de combustíveis de origem fóssil com a colheita e transporte da produção agrícola Pöschl *et al.* (2010) estudaram a eficiência energética da produção de biogás por várias maneiras e constataram que a

eficiência de energia pode ser aumentada em até 6,1% da recuperação residual de biogás, a partir de biodigestores.

O uso potencial de biodigestores para a produção de fertilizantes reduz a dependência de fertilizantes minerais que consomem grande quantidade de energia, e atenuando assim as emissões de gases do efeito estufa. (Envitec, 2009; Tambone *et al.*, 2009). A utilização de biogás faz com que haja um resultado positivo do ciclo de vida no balanço energético. As análises de balanço energético de sistemas que usam o biogás como matéria prima vem sendo atualizado frequentemente, porém não há base de dados confiável para comparações isso devido a variabilidade de sistemas (Berglund e Börjesson, 2006).

São produzidos anualmente milhões de toneladas de resíduos sólidos provenientes de fontes municipais, industriais e agrícolas. A decomposição indiscriminada destes resíduos orgânicos faz com que ocorra a contaminação da terra, água e ar. De todas as formas de resíduos sólidos orgânicos, a mais abundante é o esterco animal gerado desde pequenas propriedades até grandes fazendas, conforme aumenta o numero de animais, mais intenso é o problema de poluição. (Nasir *et al.*, 2012).

A produção de biogás através da digestão anaeróbia da matéria orgânica, produz resíduos (biofertilizantes). Quando aplicado em solo agrícola emite mesmo que em pequenas quantidades o CO₂ e CH₄ (Gerardi, 2003). O número de unidades de produção de biogás tem aumentado significativamente na ultima década, tendo como consequência o aumento de resíduos produzidos. Portanto, busca-se encontrar uma forma sustentável, uso econômico e seguro destes resíduos é de suma importância. (Odlare *et al.*, 2012).

Angonese *et al.* (2006) e Pereira *et al.* (2008) apontam que com a expansão da atividade suinícola no país e avanços tecnológicos na produção tem aumentado a geração de dejetos e muitos desses dejetos são lançados em rios e mananciais. Devido à adoção de sistemas confinados de produção de suínos, uma grande quantidade de dejetos é gerada. Conforme Souza *et al.* (2004), um suíno pode produzir ao dia 7,2 l de dejetos considerando a eficiência do processo em torno de 60,5%, a produção de metano, levando-se em conta a carga orgânica, é aproximadamente 0,504 m³.cabeça⁻¹.dia⁻¹, o que equivale a uma produção de biogás de 0,775 m³ de biogás.cabeça de suíno⁻¹.dia⁻¹.

A produção de biogás através de digestão de biomassa produz dióxido de carbono como um produto. Junto com o hidrogênio produzida por eletrólise pode alimentar uma fonte renovável de energia. A redução catalítica de dióxido de carbono poderia produzir o biogás, utilizando o carbono da matéria-prima da biomassa de maneira eficiente (Mohseni *et al.*, 2012)

Como produto da digestão anaeróbia, o biogás é um candidato em potencial para substituir os combustíveis fósseis como também diminuir a emissão de metano na atmosfera. Em substituição ao diesel, em motores-geradores, vem gerando energia elétrica de qualidade para suprir o consumo de propriedades de pequeno porte e de grande porte. Outro produto da digestão anaeróbia é o biofertilizante que é usado em lavouras, diminuindo o custo de produção comparado com os fertilizantes convencionais.

O tratamento de resíduos orgânicos através de processos de digestão anaeróbia tem sido reconhecido como um meio de controlar o efeito estufa e gerar energia elétrica (Barton *et al.*, 2008). A esse respeito vários países concordaram em dar subsídios à produção de biogás como fonte de energia renovável na produção combinada de calor e energia, a fim de diminuir as emissões de gases de efeito estufa seguindo o Protocolo de Kioto. (CCE, 2001).

Na digestão anaeróbia cerca de 50 a 90 % do material orgânico é convertida em biogás que é removido do reator e uma pequena parte do material orgânico (de 5 a 15%) transforma-se em biomassa microbiana. (Arruda, 2004). Há uma diversidade de resíduos que podem ser tratados por vias anaeróbias (tanto resíduos rurais, urbanos e industriais) com o objetivo de remover a carga orgânica poluente e dos microrganismos patogênicos, produção de biogás e biofertilizantes estáveis, mais ricos em nutrientes e com melhor qualidade sanitária em relação ao material original (Mittal, 2006; Merzouki *et al.*, 2005; Parawira, *et al.*, 2006).

Conforme a Figura 1, a matriz da agroenergia pode ser disposta da seguinte forma:

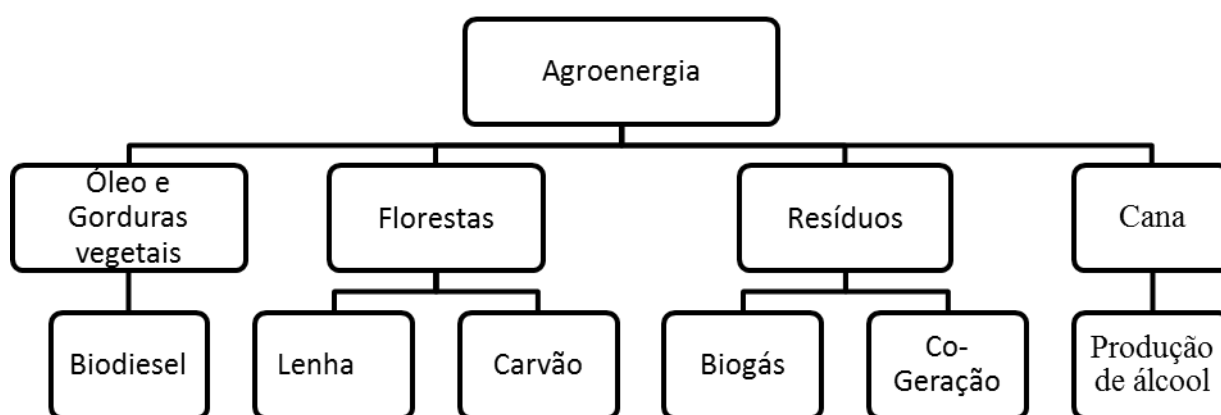


Figura 1 - Matriz da Agroenergia. FONTE: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2006).

A agroenergia engloba vários setores da produção de alimentos, tais como a produção de carne, produção de vegetais (soja, milho), a agroindústria alimentícia entre outros. Tornando-se importante para a variação da matriz energética nacional. Como a

sustentabilidade na produção de alimentos é um dos assuntos mais importantes da atualidade, o balanço energético torna-se imprescindível para avaliar a viabilidade na produção de alimentos.

O mercado de energias renováveis tem seu desenvolvimento diferenciado entre as regiões. Tem-se como exemplo a África que possui taxas de acesso a energia renovável muito baixa, enquanto a América Latina a energia elétrica é basicamente de fontes renováveis. A energia renovável rural é um mercado altamente dinâmico e com evolução constante, porém é contestada por sua falta de estrutura. Os incentivos de políticas públicas foram poucos durante muitos anos, no entanto a implantação de nova tecnologia de produção de energias renováveis e a redução de custos aponta um futuro prospero na área.

A produção de alimentos tende a diminuir relativamente, enquanto a população mundial tende a aumentar, por isso há de descobrir formas de produção que não agrida ao meio ambiente, e também contribuía para a produção energética do país, tornando-se viável e ambientalmente correta.

Material e Métodos

A Unidade da Granja Colombari localiza-se na Linha Marfim, no Município de São Miguel do Iguaçu, latitude 25°20'53 Sul e longitude 54°14'16 Oeste, no oeste do estado do Paraná. Possui uma área total de 250 hectares, sendo 200 hectares para produção agrícola e 50 hectares destinados a suinocultura, Área de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal. Desde 1997, dedica-se a criação de suínos em fase de terminação, no decorrer dos anos apresentando aumento expressivo na produção de suínos.

A delimitação do sistema deu-se pelas atividades relacionadas à produção de suínos. Como energia de entrada considera-se o consumo de água, de ração e energia elétrica. O peso vivo dos leitões produzidos, o biofertilizante e o biogás são energias de saída, conforme especificado na Figura 2. Não foi considerada a produção final de energia elétrica, pelo fato de estar diretamente relacionado com a produção de biogás.

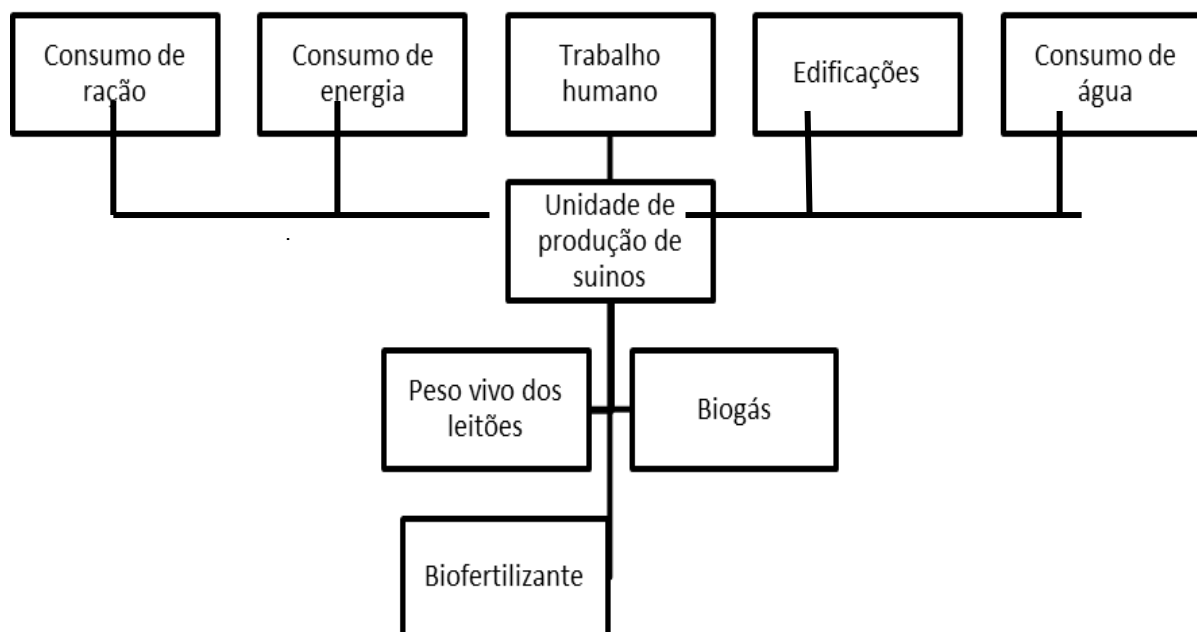


Figura 2 - Sistema de produção de suínos da Granja Colombari.

O sistema de produção de suínos é intensivo, ou seja, um sistema de criação confinado em fase de terminação. Tem capacidade média de 4673 cabeças. Os animais são dispostos em baias de 42 m², com 42 animais cada. Os animais chegam com 25 kg e finalizam o ciclo de 120 dias com 120 kg.animal⁻¹.

O sistema de tratamento de dejetos é composto por dois biodigestores modelo canadense em série. O primeiro tem capacidade de 29,2 m³.dia⁻¹, com tempo de retenção hidráulica de 30 dias. O segundo biodigestor possui capacidade de 7,3 m³.dia⁻¹, projetado com tempo de retenção hidráulica de 30 dias, isso porque as temperaturas médias no período mais frio do ano ficam entre 16 e 17°C. Na tubulação de saída o efluente do biodigestor é disposto em uma caixa de passagem, sendo conduzida a esterqueira para armazenamento de biofertilizante, para depois ser distribuído na lavoura.

O estudo se concentra na produção de suínos em fase de terminação. O consumo de ração médio de ração por animal é de 1,9 kg dia⁻¹.animal⁻¹ na fase de terminação. Os componentes da ração são milho triturado, farelo de soja e núcleo nutricional.

Já o consumo de água é de 1,8 L dia⁻¹ animal⁻¹. Para o cálculo de consumo de energia elétrica foi feita uma média de consumo dos últimos quatro meses.

Para o cálculo da produção de biofertilizante foi usada a densidade apresentada por Sedyama *et al.* (2009), que caracterizou o biofertilizante de suínos apresentando as seguintes

propriedades após um tempo de retenção de 30 dias: : N = 22,7; P = 15,2; K = 11,0; Ca = 17,0; Mg = 7,7; S = 3,9; C. org. = 2,1 e Na = 5,2 e, em mg L⁻¹; , Zn = 2068; Fe = 3859; Mn = 176; Cu = 1166; Cr = 0,13; Ni = 0,21 e Cd = 0,01; pH (H₂O) = 8,61; densidade = 1,1 g cm³ e C/N = 0,09.

No trabalho humano, considera-se que são seis homens trabalhando 8 horas por dia, num montante de 120 dias. Os coeficientes energéticos estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficientes energéticos dos itens de entrada e saída

Entrada		Saída	
Ração ⁽¹⁾	17 MJ.kg ⁻¹	Leitões ⁽⁴⁾	9,21 MJ.kg ⁻¹
Água ⁽²⁾	2,47 x 10 ⁻³ MJ.l ⁻¹	Biofertilizantes ⁽⁵⁾	8 MJ.kg ⁻¹
Consumo de	13,11 MJ.kWh ⁻¹	Biogás ⁽⁶⁾	22,35 MJ. m ⁻³
Energia Elétrica ⁽³⁾			
Trabalho humano ⁽⁷⁾	4,39 MJ h ⁻¹		
Edificações	956,03 MJ m ⁻²		

Fonte: ¹ Oetting (2002); ² Santos e Lucas Junior (2004); ; ³ Brasil (2007); ⁴ Comitê (1995); ⁵ Pellizzi (1992); ⁶ Roppa (2000); ⁷ Pimentel (1980).

O sistema de geração de energia elétrica é composto por um conjunto motor gerador, sistema de proteção e controle de comando, o mesmo é interligado a rede de distribuição de energia. Possui um transformador de 75 kVA (220/127 V), com tensão primária de 13,8 kV e saída 220/127 V de 5 colunas envolventes, com disjuntor de 200 Ampêres.

O motor gerador produz 80 kWh para atender a demanda de energia da propriedade, como o conjunto moto-bomba e distribuição de energia para a fertiirrigação, a fábrica de ração e as quatro residências existentes na propriedade. O motor gerador funciona de acordo com a disponibilidade de biogás nos biodigestores, tendo sido dimensionado para operar 8 horas por dia.

Para cálculo do coeficiente de eficiência energética (η) segue-se a metodologia de Quesada *et al.* (1991) citada por Angonese *et al.* (2006) onde:

$$\eta = \sum \frac{\text{energia}_{\text{saída}}}{\text{energia}_{\text{entrada}}}$$

A eficiência é medida pelo balanço energético ou relação entrada/saída, sendo realizada com a determinação da quantidade de energia obtida no produto em relação à utilizada no sistema para produzi-lo (Campos e Campos, 2004). A energia de saída é obtida pela conversão direta do rendimento de produtos em energia (Albuquerque *et al.*, 2008).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2, estão relacionadas à quantidade de insumos necessária para a produção de suínos. A maior parcela está no consumo de ração. Em seguida, vem o consumo de água e energia elétrica.

Tabela 2 - Quantidade de insumos necessária para produção de suínos

Entrada	Total
Consumo de ração	1.065.444 kg ciclo ⁻¹
Consumo de água	1.009.368 L ciclo ⁻¹
Consumo de energia elétrica	271.592 kWh ciclo ⁻¹
Trabalho humano	5760 h ciclo ⁻¹
Edificações	4673 m ² ciclo ⁻¹

Com relação à produção no término do ciclo, constata-se que são produzidos 560.760 kg ciclo⁻¹ de carne suína, 666.182 kg ciclo⁻¹ de biofertilizante e produz-se 55.360 m³ciclo⁻¹ de biogás conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Quantidade produzida na saída do ciclo terminação

Saída	Total
Leitões produzidos	560.760 kg ciclo ⁻¹
Biofertilizantes	666.182,9 kg ciclo ⁻¹
Biogás	66.360 m ³ ciclo ⁻¹

A energia embutida nos processos de entrada está disposta na Figura 3. A maior proporção de energia na entrada é do consumo de ração que corresponde a 79,13% de toda a energia na entrada. O consumo de água e o trabalho humano são os que tem menor energia embutida (0,010% e 0,049% respectivamente). Referente ao consumo de energia e edificações, a energia embutida é respectivamente 1,29% e 19,51% respectivamente.

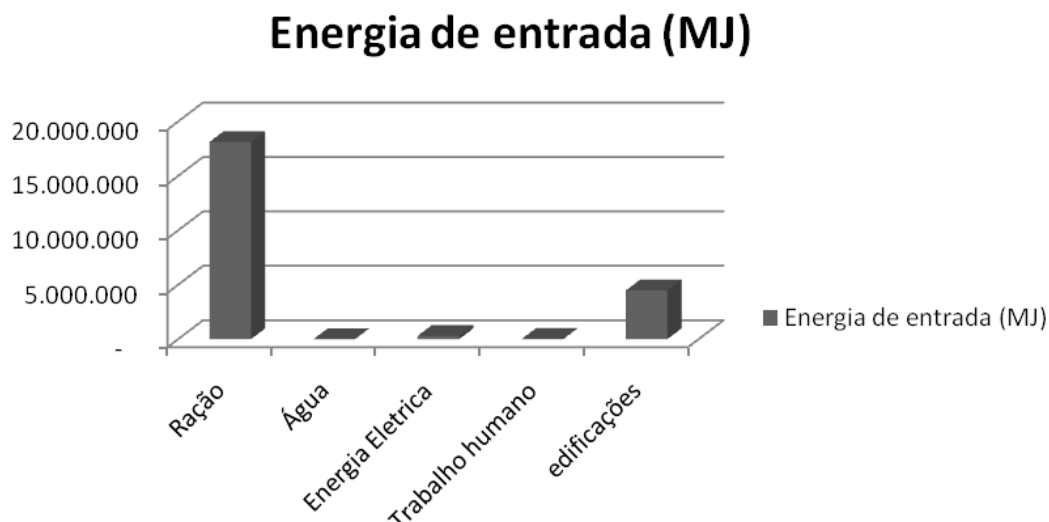


Figura 3 - Eficiência energética dos componentes de entrada para o ciclo produtivo na fase terminação de suínos

No entanto, na energia de saída a maior proporção está vinculada ao biofertilizante (44,70%) seguido pela produção de suínos (42,85%) e de biogás (12,44%) representada na Figura 4.

De toda a energia utilizada no sistema de produção, a energia de entrada corresponde a 65,75% (22.890.573 MJ) do total. A energia de saída equivale a 34,24% (11.921.132 MJ). O coeficiente de eficiência energética encontrado foi 0,5208. Souza *et al.* (2009) analisando o sistema de produção de suínos e juntamente com o desenvolvimento de pastagens encontrou um coeficiente energético de 0,31. Angonese *et al.* (2006) analisando um ciclo de terminação de suínos obteve o coeficiente de 0,38. Segundo Pöschl *et al.* (2010) a variação do coeficiente energético depende do sistema a ser analisado e da qualidade da matéria-prima.

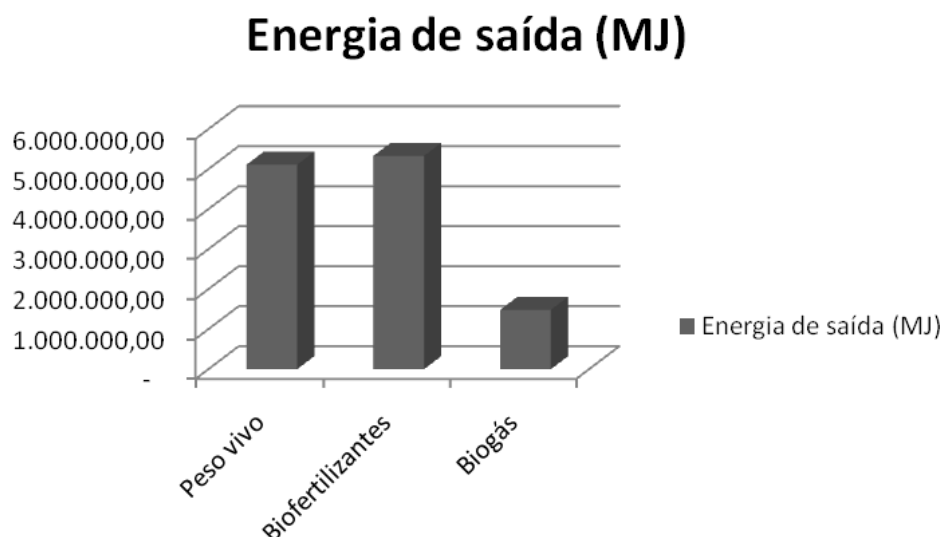


Figura 4 Eficiência energética dos componentes de saída para o ciclo produtivo na fase terminação de suínos

Conclusões

A produção de energia elétrica é considerada sustentável;

A ração consome maior parte da energia de entrada do sistema de produção.

Com relação a energia de saída, o biofertilizante tem maior parcela.

O sistema de produção da Granja Colombari pode ser considerado sustentável.

Referências

ALBUQUERQUE, F. A. *et al.* Análise energética do consórcio mamona com amendoim. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 6., 2008, Salvador. **Anais...** Salvador: SEAGRI: Embrapa Algodão, 2008a. 1 CD-ROM.

ALMEIDA L.C. F de., BUENO O. de C., ESPERANCINI M.S.T. Avaliação energética da cultura do milho em assentamento rural, Iperó-SP. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v.25, n.2, p.105-122, 2010.

ANGONESE A. R., CAMPOS A. T., ZACARIM C. E., MATSUO M. S., CUNHA F. Eficiência energética de sistema de produção de suínos com tratamento de resíduos em biodigestores. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.745-750, 2006.

ARRUDA, V. C. M., **Tratamento anaeróbico de efluentes gerados em matadouros de bovinos**. 2004. 127 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Recife-PE, 2004.

BANAEIAN N. , ZANGENEH M. Study on energy efficiency in corn production of Iran. **Energy**, v.36, p.5394-5402, 2011.

BARTON, J.R., ISSAIAS, I., STENTIFORD, E.I. Carbon–Making the right choice for waste management in developing countries. **Waste Manage**, v.28, p.690–698, 2008.

BERGLUND M, BÖRJESSON P. Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. **Biomass Bioenergy**, v.30, p.254–66, 2006.

BRIDGWATER, T., Biomass for energy. **Journal Science Food Agriculture**, v.86, p.1755–1768, 2006.

CAMPOS, A.T.; SAGLIETTI, J.R.C.; CAMPOS, A.T.; BUENO, O.C.; RESENDE, H.; GASPARINO, E.; KLOSOWSKI, E.S. Custo energético de construção de uma instalação para armazenagem de feno. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.667-672, 2003.

CAMPOS, A. T.; CAMPOS, A. T. Balanços energéticos agropecuários: uma importante ferramenta como indicativo de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista do Centro de Ciência Rural**, v. 34, n. 06, p. 1977-1985, 2004.

CEC - Directive 2001/77/EC of the european parliament and of the council of 27 september 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market. Official J. Eur. Commun. L 283, p.33–40. 2001.

COMITRE V. A questão energética e o padrão tecnológico da agricultura brasileira. **Informações econômicas**, São Paulo, v.25, n.12, p.29-35, 1995.

ENVITEC BIOGAS AG. Biogas projects – operators and their plants. Lohne, Germany; 2009.

GERARDI M.K. The microbiology of anaerobic digesters. Hoboken NJ, U.S.A: John Wiley & Sons, Inc; 2003. p. 177.

IANNICELLI, L. A. **Reaproveitamento energético do biogás de uma indústria cervejeira**. Taubaté. Dissertação de mestrado. DEM/ UNITAU, 2008

KOSIOSKI, G.V.; CIOCCA, M.L.S. Energia e sustentabilidade em agroecossistemas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.4, p.737-745, 2000.

MERZOUKI, M.; BERNET, N.; DELGENÈS, J.P.; BENLEMLIH, M. Effect of prefermentation on denitrifying phosphorous removal in slaughterhouse wastewater. **Bioresource Technology**, v.96, n.12, p.1317-1322, 2005.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Plano Nacional de Agroenergia, 2006-2011. 2ª Edição Revisada. Brasília, 2006.

MITTAL, G.S. Treatment of wastewaters from abattoirs before land application – a review. **Bioresource Technology**, v.97, n.9, p.1119-1135, 2006.

MME – Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional. 2011.

MOHSENI F., MAGNUSSON M., GÖRLING M., ALVFORS P.. Biogas from renewable electricity – Increasing a climate neutral fuel supply. **Applied Energy**, v.90, p.11–16, 2012.

NASIR I. M., GHAZI T. I. M., OMAR R. Production of biogas from solid organic wastes through anaerobic digestion: a review. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.95, p.321-329, 2012.

OETTING L. L., **Avaliação de diferentes marcadores para determinação da digestibilidade e taxa de passagem do alimento em suínos**. 2002. 59f. Dissertação (Mestrado em energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ODLARE M., ABUBAKER J., LINDMARK J., PELL M., THORIN E., NEHRENHEIMA E. Emissions of N₂O and CH₄ from agricultural soils amended with two types of biogas residues. **Biomass e Bioenergy**, v.44, p.112-116, 2012.

PARAWIRA, W.; MURTO, M.; ZVAUYA, R.; MATTIASSON, B. Comparative performance of a UASB reactor and an anaerobic packed-bed reactor when treating potato waste leachate. **Renewable energy**, v.31, n.6, p.893-903, 2006.

PELIZZI G. Use of energy and labour in Italian agriculture. **Journal of Agricultural Engineerin Research**. Silsoe, v.52, n.2, p.111-119, 1992.

PEREIRA B. D., MAIA J.C.S., CAMILOT R. Eficiência técnica na suinocultura: efeito do gastos com o meio ambiente e da renúncia fiscal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.12, n.2, p.200-204, 2008.

PIMENTEL, D. Handbook of energy utilization in agriculture. Boca Raton: CRC Press, 1980. 475p.

PÖSCHL M., WARD S., OWENDE PHILIP. Evaluation of energy efficiency of various biogas production and utilization pathways. **Applied Energy**, v.87, p. 3305–3321, 2010.

PRACUCHO T. T. G. M., ESPERANCINE M. S.T., BUENO O.C. Análise energética econômica da produção de milho (*Zea mays*) em sistema de plantio direto em propriedades familiares no município de Pratânia – SP. **Energia na agricultura**, Botucatu, v.22, p. 94-109, 2007.

RAMEDANI Z., RAFEE S., HEIDARI M.D. An investigation on energy consumption and sensitivity analysis of soybean production farms. **Energy**, v.36, p.6340-6344, 2011.

ROMERO, M.G.C.; BUENO, O.C.; ESPERANCINI, M.S.T. Eficiência energética e econômica em sistemas familiares de produção de algodão. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.1, p.7-19, 2008.

ROPPA L. Atualização sobre os Níveis de Colesterol, Gordura e Calorias da Carne Suína,” Escola de Medicina Veterinária, USP, 2000.

SANTOS, T.M.B.; LUCAS JÚNIOR, J. Balanço energético em galpão de frangos de corte. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.25-36, 2004.

SHAW, D.; HUNG, M. F.; LIN, Y. H. Using net energy output as the base to develop renewable energy. **Energy Policy**, v. 38, p.7504–7507, 2010.

SIQUEIRA, R.; GAMERO, C.A.; BOLLER, W. Balanço de energia na implantação e manejo de plantas de cobertura de solo. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.80-89, 1999.

SOUZA, S. N. M. de, PEREIRA, W. C. PAVAN, A. A.. Custo da eletricidade gerada em conjunto motor gerador utilizando biogás da suinocultura. **Acta Scientiarum Technology**, V. 26, n.2, p. 127-133, 2004.

SOUZA C. V., CAMPOS A. T., BUENO O. C., SILVA E. B. Análise energética em sistema de produção de suínos com aproveitamento de dejetos como biofertilizantes em pastagem. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.4, p.547-557, 2009.

SOUZA S. P., ÁVILA M.T., PACCA S. Life cycle assessment of sugarcane ethanol and palm oil biodiesel joint production. **Biomass e Bioenergy**, v.44, p.70-79, 2012.

TAMBONE F, GENEVINI P, D'IMPORZANO G, ADANI F. Assessing amendment properties of digestate by studying the organic matter composition and the degree of biological stability during the anaerobic digestion of the organic fraction of MSW. **Bioresour Technol** v.100: p.3140–2. 2009;

TEIXEIRA, C.A.; LACERDA FILHO, A.F.; PEREIRA, S.; SOUZA, L.H.; RUSSO, J.R. Balanço energético de uma cultura de tomate. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.3, p.429-432, 2005.