



QUANTIFICAÇÃO DO BIOGÁS DA SUINOCULTURA E DA ENERGIA TÉRMICA OBTIDA VIA COMBUSTÃO NA REGIÃO CENTRO-OESTE DO BRASIL

Robson Leal da Silva¹ & Aletéia Marcelle Primão da Silva²

RESUMO: Este artigo tem como objetivo determinar, para as unidades da federação que compõem a região Centro-Oeste do Brasil, a quantidade anual de biogás que pode ser obtido da suinocultura, e o potencial para conversão em energia térmica (calor). A energia térmica resultante possui aplicações diversas em áreas rurais e atividades agroindustriais, nas quais ocorre uso intensivo da energia na agricultura e pecuária. O uso do biogás na suinocultura é motivado principalmente pela necessidade de destinação ambiental adequada para os dejetos e a disponibilidade de um combustível que pode ser utilizado para obtenção de energia térmica e/ou elétrica, bem como outras questões atuais relacionadas ao aquecimento global. No Brasil e na região Centro-Oeste, existe grande disponibilidade de biomassa residual, de origem vegetal e animal. Em se tratando de dejetos animais, a suinocultura nos estados de Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás e Distrito Federal é uma atividade que pode resultar em receita financeira adicional pela comercialização de créditos de carbonos e do biogás em si, ou uso deste como fonte renovável de energia. A etapa final de transformação da biomassa em bioenergia ocorre com a conversão da energia contida no biogás combustível (J/kg) via processo de combustão, em energia térmica (J). A metodologia utilizada é adaptada do Centro Nacional de Referência em Biomassa - CENBIO, e considera a base de dados brutos disponibilizada pelo IBGE. O tratamento e consolidação de dados considera uma série histórica de oito anos (2002-2008). Biodigestores são considerados para estimar o volume anual de biogás produzido. Por fim, processo de combustão em queimadores industriais é assumido com eficiência de conversão ideal da energia química (biogás) em energia térmica (calor). Os resultados obtidos permitem concluir que quantidades significativas de energia térmica podem ser obtidas, podendo alcançar anualmente 15 mil TEP (~640.000 GJ) no estado de Mato Grosso do Sul, quase o dobro destes valores no estado de Goiás e 20% superior no estado de Mato Grosso.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa residual; Biocombustíveis; Fontes renováveis de energia.

BIOGAS QUANTIFICATION FROM PIG FARMING AND THERMAL ENERGY OBTAINED BY ITS COMBUSTION IN BRAZIL'S CENTRAL WESTERN REGION

ABSTRACT: This article aims to determine, in Brazil's Central Western region and its states, the annual amount of biogas that can be obtained from pig farming, and its potential for conversion into thermal energy (heat). The resulting thermal energy has several applications in rural areas and agro-industrial activities, in which there is intensive use of energy in agriculture and animal breeding. The use biogas in pig farming is motivated primarily by the need for proper environmental disposal for manure and fuel availability that can be used to obtain thermal and/or electrical energy, and other current issues related to global warming. In Brazil and in its Central Western Region, there is a great availability of residual biomass from plant and animal origin. When it comes to animal manure, pig farming in Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás and at Federal District is an activity that may result in additional financial income regarding carbon credits and biogas itself, or its use as renewable energy source. The final step of transforming biomass into biofuel occurs when there is a conversion of its energy content in the fuel (J/kg) via combustion process, into thermal energy (J). The methodology is adapted from National Reference Center on Biomass - CENBIO, and considers the raw data base provided by the IBGE. The data processing and consolidation considers a historical series of eight years (2002-2008). Biodigesters were considered to estimate the annual volume of biogas produced. Finally, the combustion process in industrial burners was assumed to occur at optimal conversion efficiency of the chemical energy (biogas) into thermal energy (heat). The results showed that significant amounts of thermal energy can be obtained, reaching annually 15,000 TEP (~640,000 GJ) in Mato Grosso do Sul, almost the double of these values in Goiás and around 20% higher in Mato Grosso.

KEYWORDS: Residual biomass; Biofuels; Renewable energy sources.

¹ UFGD - Universidade Federal da Grande Dourados.

E-mail: robsonsilva@ufgd.edu.br

² Mestre em Produção e Gestão Agroindustrial.

E-mail: alemarcelle23@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

De modo geral, a biomassa é parte do ciclo do carbono que envolve algumas etapas tais como: Energia solar → Fotossíntese → Biomassa na forma de resíduos orgânicos animais (esterco e/ou carcaça) ou vegetais (resíduos da agricultura, florestas, etc), ou então urbanos (aterros sanitários, i.e., lixo doméstico) ou industriais (ex: bagaço da cana-de-açúcar, vinhaça ou vinhoto, etc). O biogás possui como composição básica o CO₂ (dióxido de carbono) e CH₄ (metano), este último com uma proporção média de 60% e de características explosivas em misturas com apenas 5% de gás metano dissolvido no ar (Peret et al., 2008). O CH₄ possui um potencial poluidor 21 vezes maior do que o CO₂, sendo este, portanto, o mais influente nos aspectos relativos ao aquecimento ambiental (Coelho et al., 2008).

Biogás é um assunto fortemente registrado na literatura científica, com destaque para autores da Índia (18,5%), Alemanha (10%) e Estados Unidos da América (7,5%). Mais de 1200 artigos em periódicos científicos internacionais, tomando como base de dados a “*web of knowledge*”, foram publicados no período 1945-2010. (GUIMARÃES; GALVÃO, 2015). Os dejetos suínos, além do uso para obtenção de biocombustível gasoso (biogás), são utilizados também como fertilizantes tipicamente na cultura do milho (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008). Em resumo, isto ocorre no biodigestor: Dejetos suínos → Biodigestor → Biogás + Biofertilizante.

Energia térmica, na forma de calor, tem como matéria prima mais conhecida da humanidade a lenha e o carvão vegetal, sendo ambas classificadas na categoria de fonte de energia renovável (biomassa). Estima-se que a utilização do calor produzido pela queima da lenha ou carvão vegetal seja em torno de 10% do total da energia disponível no mundo, devido ao uso ineficiente e sem controle do processo de combustão (COELHO, 1982). O ser humano utiliza a biomassa como fonte de combustível há milhões de anos. Os processos de produção de calor para aquecimento do ambiente, cozimento de alimentos e até mesmo como instrumento de proteção foram os elementos motivadores para o uso intenso da madeira na forma de lenha. Mais recentemente, o termo Bioenergia tem sido utilizado para caracterizar a obtenção de energia a partir da biomassa e que pode ser transformado em biocombustíveis líquidos (etanol ou biodiesel), biocombustíveis gasosos ou biogás (ex: excrementos animais ou lixo urbano), em biocombustíveis sólidos (ex: carvão vegetal), ou ainda pela queima direta dos resíduos vegetais (madeira), dentre outras. Exemplos serão dados nos tópicos seguintes deste artigo.

A conversão da energia contida na biomassa pode utilizar equipamentos biodigestores (microorganismos, preferencialmente para matéria-prima úmida) ou então via equipamentos combustores (matéria-prima seca). Máquinas, motores e equipamentos estão sendo desenvolvidos e aprimorados nas últimas décadas para

conversão/transformação de energia da biomassa (energia química) em sua forma original para usos finais, tais como: energia térmica (ex: calor de processo, climatização para conforto humano e animal, produção de vapor), energia mecânica (ex: potência para movimentação de máquinas e dispositivos) e energia elétrica (ex: eletricidade). Exemplos específicos são dados por Almeida, Niremburg e Belchior (2012), Araújo et al. (2013), dentre outros que serão detalhados no tópico a seguir.

1.1 Biogás e suas aplicações

A produção de biogás dá-se pela transformação química da matéria-prima da biomassa (dejetos/resíduos suínos) por meio de um processo anaeróbico de fermentação. Este processo pode ser contínuo (ex: biodigestores modelo chinês e indiano) ou por batelada (modelo de biodigestor mais simples e próprio para produção em pequena escala), Turdera e Yuara (2006). Biodigestores são os equipamentos usuais para a transformação da biomassa residual (dejetos da agropecuária – criação de animais, como suínos e aves – e partes residuais de culturas agrícolas, como palha e sabugo de milho e casca de arroz). (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008)

A conversão da energia química contida no biogás (PCS – Poder Calorífico Superior, kJ/kg) em energia térmica se dá tipicamente pelo processo de combustão (ou queima completa). Para tal, é necessário utilizar máquinas, motores e/ou equipamentos adequados, a exemplo de motores de combustão interna, queimadores (industriais ou rurais, popularmente chamados de “maçaricos”), fornos, aquecedores (ex: campânulas), dentre outros. A energia térmica na forma de calor tem aplicações diversas relacionadas ao meio rural e agroindustrial, a exemplo de Silva et al. (2005), Santos, Lucas Jr. e Silva (2007), dentre outros.

Na última década, um novo incentivo para uso do biogás tem despertado interesse para o seu aproveitamento como fonte de energia. Trata-se do mercado de créditos de carbono fomentado por países e empresas que buscam o cumprimento de metas relativas à redução de emissões de gases do efeito estufa, do qual o gás metano é um dos que contribuem para o efeito de aquecimento global, a exemplo do exposto por Angonese, Campos e Welter (2007). Assim, o uso de equipamentos para sucção, desumidificação e queima controlada do biogás é uma alternativa que se torna cada vez mais interessante na medida em que se consegue estabelecer valores de RCE – Reduções Certificadas de Emissões, cujas unidades são em toneladas de CO₂, podendo ser comercializado no mercado internacional. Embora o mercado de créditos de carbono seja recente, valores por tonelada de crédito de carbono em 2008 girou em torno de 12-15 dólares/tonelada (Peret et al., 2008), cujos limites anteriormente alcançados foram desde 5 (cinco) até 30 (trinta) dólares/tonelada. Diante deste mercado, que ainda está em formação, a implantação de projetos para aproveitamento do biogás depende bastante da análise de viabilidade econômica.

Martins e Oliveira (2011) apresentaram estudo de viabilidade econômica, no qual o tempo de retorno para o produtor é tão menor quanto maior for a demanda de energia elétrica na propriedade rural. Para a demanda de 10h/dia de energia elétrica, tem-se o tempo de retorno do investimento em 5 anos (60 meses), nas condições avaliadas no estado do Paraná (tarifa ~0,19 R\$/kWh). Vale ressaltar que os resultados obtidos constataram que, a condição mais vantajosa do ponto de vista econômico, é o produtor deixar de consumir energia elétrica pela concessionária do que comercializar/vender energia elétrica para a concessionária. O modelo indiano de biodigestores foi sugerido como o mais adequado, para granjas de pequeno porte (dejetos suínos), no estudo técnico-econômico elaborado por Dias et al. (2013).

Estudos técnico-científicos indicam também a possibilidade de utilização de créditos de carbono resultante da redução na emissão de CO₂ em instalações rurais e agroindustriais relacionadas à suinocultura (ANGONESE; CAMPOS; WETERS, 2007). Isto porque o uso de biodigestores como parte do sistema de manejo de dejetos suínos (estrupe) é uma forma eficiente de redução das emissões de CO₂ quando o biogás (metano, CH₄) resultante é transformado, mesmo que não haja aproveitamento da energia térmica. Estes autores estimaram uma receita adicional obtida com os créditos de carbono, para o caso estudado, de 5,31 R\$/animal.ano, valor este bastante relevante na atividade produtiva em questão.

Avaci et al. (2013) avaliaram uma determinada propriedade rural, no estado do Paraná, quanto aos insumos obtidos da biomassa residual da suinocultura, quais sejam: biogás, biofertilizante, créditos de carbono e energia elétrica. As conclusões apresentadas indicaram que a venda de créditos de carbono reduz significativamente o custo de produção de energia elétrica (~60%), bem como os gastos com fertilizantes convencionais ao substituí-los pelo biofertilizante produzido junto com o biogás no biodigestor, sendo que a venda de energia elétrica à concessionária depende fortemente do valor de venda da mesma.

Silva et al. (2005) desenvolveram estudos com aplicação em aquecedores de água tipo acumulação, para o qual algumas alterações (redimensionamento) foram requeridas no sistema de injeção do biogás em queimadores de gás, constatando a facilidade da operação e realização das adaptações necessárias. Aquecedores do tipo campânula utilizados na avicultura, operando com GLP (Gás Liquefeito de Petróleo) e biogás (metano), foram avaliados por Santos, Junior e Silva (2007), para os quais também foi constatada a viabilidade da adaptação em modelos pré-existent nas unidades de criação de animais, obtendo eficiências similares no aquecimento e funcionamento satisfatório dos equipamentos aquecedores.

Um dos temas atuais de P,D&I – Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação, envolvendo máquinas,

motores e equipamentos térmicos dizem respeito à adaptação de motores de combustão interna a combustível líquido (gasolina/etanol no ciclo Otto, diesel/biodiesel no ciclo Diesel), para funcionarem com combustível gasoso (biogás ou gás natural). Relatos da literatura científica (ALMEIDA; NIRENBERG; BELCHIOR, 2012) indicam que os parâmetros que influem no desempenho do motor de combustão são: taxa de compressão, ponto de ignição, tamanho do misturador (ar-combustível) e a relação entre a quantidade de ar e de combustível, bem como o teor de metano no biogás (quanto maior o teor, maior o PCS, ou seja, mais energia por unidade de massa/volume do combustível). Os resultados experimentais obtidos por estes autores, sugerem que, obtém-se melhor desempenho do motor operando com biogás com taxa de compressão 12,5:1 e ponto de ignição adiantado em 45°.

O funcionamento de motores de combustão interna a biogás (e também a gás natural) enfrenta desafio específico relacionado à lubrificação interna. No caso de motores 2T (SILVA; VIEIRA; BRITO Jr., 2015), o lubrificante é injetado junto com o combustível, o que pode ocasionar situações operacionais indesejáveis. Em se tratando de motores 4T (DIEDRICH; MOREIRA; ZANK, 2013), embora o lubrificante tenha sistema independente de alimentação, pode ocorrer contaminação do óleo lubrificante por componente gasoso no biogás, a exemplo do enxofre, reduzindo a vida útil dos filtros e do lubrificante em si.

Queimadores a gás são equipamentos que também podem ser usados para obtenção de energia térmica do biogás, sendo objeto de pesquisas recentes. Alguns modelos são capazes de operar com diversos tipos de combustível, e com elevada eficiência de conversão da energia química (biogás) em energia térmica (calor). Estabilidade da combustão em uma faixa ampla de operação, baixo nível de emissões e com limite de inflamabilidade são aspectos de bom desempenho. (ARAÚJO et al., 2013)

Este artigo tem como objetivo determinar, para as unidades da federação que compõem a região Centro-Oeste do Brasil, a quantidade anual de biogás que pode ser obtido da suinocultura, e o potencial para conversão em energia térmica (calor), quantificado em unidades do sistema internacional de unidades (J) e TEP – Toneladas Equivalentes de Petróleo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Rebanho suíno

Os números brutos correspondentes à quantidade de animais abatidos (menor do que o rebanho suíno efetivo) em cada município foram obtidos na base de dados do IBGE, a qual se tem acesso a dados quantitativos da PAM – Produção Agrícola Municipal via SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática (IBGE, 2013).

Estão disponíveis pesquisas trimestrais (a partir de 1997) com informações, para cada estado do país e para o Brasil, relativas ao abate de diversas espécies animais, tais como aves, bovinos e suínos. Em se tratando do abate de suínos, os dados divulgados contabilizam apenas os estabelecimentos cuja atividade principal ou secundária é o abate de animais e estão sob inspeção sanitária (municipal, estadual ou federal).

Dados extraídos correspondem ao período 2002-2008, para todos os municípios da região Centro-Oeste, consolidados para cada unidade da federação: Mato Grosso do Sul (MS), Mato Grosso (MT), Goiás (GO) e Distrito Federal (DF). Também foram obtidos dados referentes ao total do rebanho nacional (Brasil), e subtotal referente à região Centro-Oeste (CO).

2.2 Produção de biogás produzido por dejetos suínos

A atividade da criação de animais para corte (ex: avicultura, suinocultura e bovinocultura) produz resíduos na forma de esterco animal, dentre outros. Para converter estes resíduos (ou dejetos/esterco) orgânicos provenientes em biogás, foi utilizada a metodologia proposta pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa (Coelho et al., 2008). Nesta, a geração de metano (V_{CH_4} , m^3) corresponde à quantidade de metano contida no biogás resultante da decomposição do esterco produzido pelos animais diariamente nas propriedades rurais. O cálculo para esse potencial é apresentado a seguir, nas equações (1), (2) e (3).

$$V_{CH_4} (m^3 / ano) = 365 \cdot Q_{animais} \cdot E_t \cdot P_b \cdot C_{CH_4} / \rho_{CH_4} \quad (1)$$

$$E_t = \frac{Q_{tde_esterco} (kg)}{dia.(biodigestor)} \quad (2)$$

$$P_b = \frac{Q_{tde_Biogás} (kg)}{Q_{tde_Esterco} (kg)} \quad (3)$$

Onde V_{CH_4} (m^3) é o volume de metano produzido no período de um ano; 365 é a quantidade de dias que compõem um ano; $Q_{animais}$ é a quantidade de animais (IBGE, 2013); E_t (kg) é a quantidade diária total de dejetos suínos; P_b ($kg_{biogás}/kg_{esterco}$) é o fator de conversão da produção de biogás; C_{CH_4} (%) é a concentração de metano no biogás; ρ_{CH_4} (kg/m^3) é a massa específica do gás metano.

A decomposição diária, em biodigestores anaeróbicos, do esterco animal gera um determinado volume (m^3) de biogás (CH_4 , metano), cujo fator de conversão energética depende da origem do material (efluente líquido animal), ou seja, de qual animal originou-se a matéria-prima para o biogás. Os valores de conversão energética para suínos são: $E_t = 2,25$ kg, $P_b = 0,062$, $C_{CH_4} = 66\%$ e $\rho_{CH_4} = 0,670$ kg/m^3 . (MOTTA, 1986)

2.3 Potencial de energia térmica via combustão

O biogás, uma vez obtido não importa a origem, pode ser utilizado como combustível gasoso em máquinas, motores e equipamentos, que operam com o processo de combustão. A transformação da energia química contida neste biocombustível gasoso resulta, dependendo do conjunto de equipamentos utilizados, em energia térmica (na forma de calor) e energia mecânica (na forma de movimento). Energia mecânica pode ser convertida em etapa posterior, via uso de gerador elétrico, em energia elétrica (na forma de eletricidade).

Considerando um processo de combustão do biogás obtido, no qual todo o conteúdo energético deste combustível é convertido em energia térmica na forma de calor ($\eta_{conversão} = 100\%$). A unidade de energia, no SI – Sistema Internacional de Unidades, é dada em Joules (10^6 J = 1 GJ). A energia obtida da combustão completa do biogás será dada por:

$$Energia(GJ) = \frac{\eta_{conversão} \cdot PCS_{CH_4} \cdot V_{CH_4}}{1000} \quad (4)$$

Onde, PCS – Poder Calorífico Superior é $PCS_{CH_4} \sim 33,80$ MJ/ m^3 (Coelho et al., 2008).

Para fins de comparação com a quantidade de energia disponível em combustíveis fósseis, tem-se também resultados em unidades de Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP), 1 TEP = 42 GJ. TEP é a quantidade de energia que se obtém a partir da combustão de 1000 kg de petróleo bruto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2, juntamente com a Tabela 1, apresentam os resultados referentes à quantidade de suínos abatidos anualmente, em cada unidade da federação na região Centro-Oeste e no Brasil.

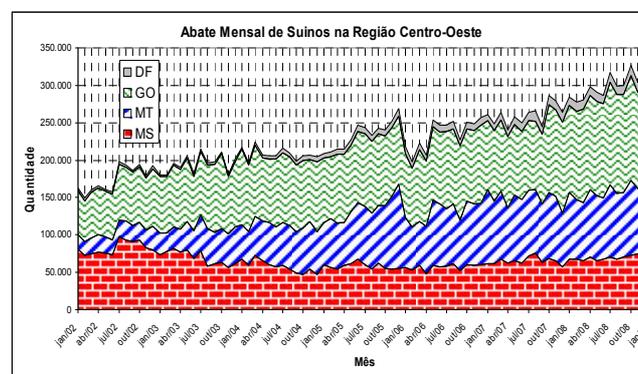


Figura 1 – Suinocultura – Animais abatidos na região Centro-Oeste (2002-2008).

Tabela 1 – Suinocultura – Animais abatidos no Brasil (2002-2008).

Ano	Brasil	Centro-Oeste	MS/CO (%)	CO/BR (%)
2002	22.328.551	2.098.405	47,18%	9,40%
2003	22.554.295	2.335.484	35,83%	10,35%
2004	21.623.790	2.496.700	27,84%	11,55%
2005	23.462.662	2.804.019	24,98%	11,95%
2006	25.221.891	2.827.848	24,27%	11,21%
2007	27.410.308	3.125.773	25,07%	11,40%
2008	28.803.384	3.595.572	23,34%	12,48%

A Figura 1 apresenta a quantidade mensal de suínos abatidos, responsáveis pela matéria-prima (esterco, biomassa de origem animal) que pode ser transformada em biogás. A evolução desta atividade produtiva é bastante clara, portanto a disponibilidade presente e futura da biomassa para produção de biogás é uma realidade que deve ser levada em consideração na disponibilidade de fontes renováveis de energia ao alcance da população na região Centro-Oeste. Conforme Figuras 1 e 2, e Tabela 1, a série de dados históricos mostram que a região CO representa ~13% do total da produção relacionada à atividade da suinocultura. Enquanto que a produção no estado de Mato Grosso do Sul corresponde a ~25% do total da região Centro-Oeste (embora já tenha representado quase 50% no ano de 2002).

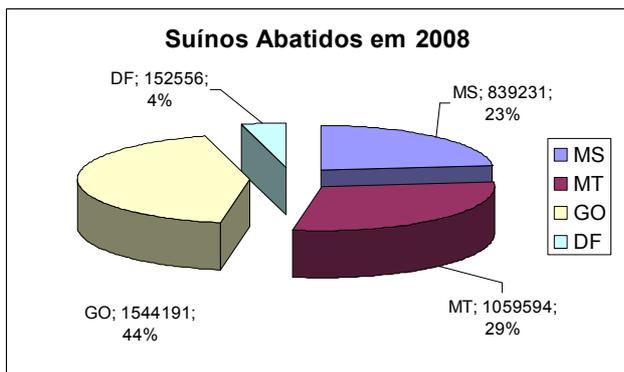


Figura 2 – Suinocultura – Animais abatidos na região Centro-Oeste (2008).

A Figura 2 é importante para destacar que a atividade da suinocultura é mais significativa no estado de GO, em seguida e de maneira mais equilibrada nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Vale ressaltar que o estado de MT é aquele que possui a maior extensão territorial (ainda pode expandir bastante as suas atividades produtivas do setor primário e secundário),

seguido pelo estado de MS (que possui extensa área de pantanal), GO (agroindústria existente há mais tempo) e DF.

As Figuras 3 e 4 apresentam, respectivamente, a quantidade de biogás (10⁶m³/ano) que pode ser produzido em biodigestores e a quantidade de energia (GJ/ano), com base nas Eqs. (1) e (4). Na Figura 5, a quantidade de energia em Tonelada Equivalente de Petróleo (TEP/ano). Estes resultados correspondem ao período 2002-2008, em toda a região Centro-Oeste.

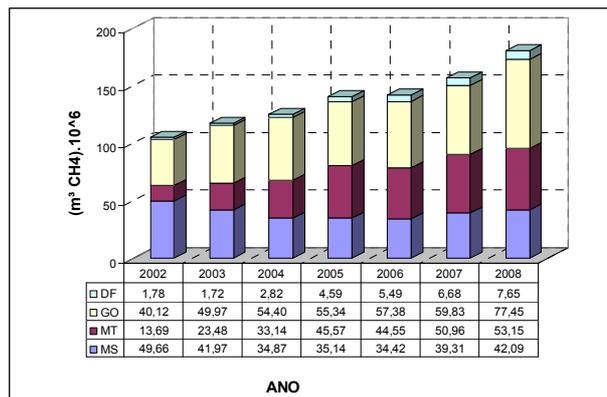


Figura 3 – Biogás (10⁶ m³/ano) da suinocultura – Potencial de produção no Centro-Oeste.

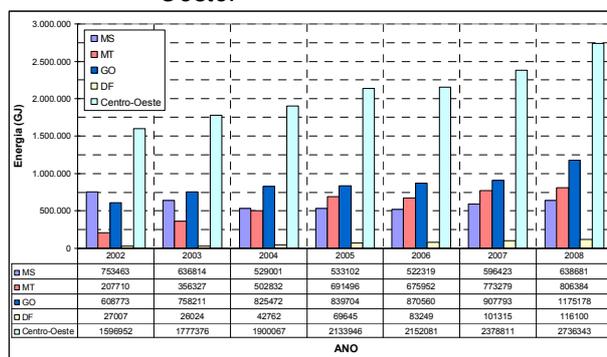


Figura 4 – Energia térmica (GJ/ano) do biogás – Suinocultura no Centro-Oeste (2002-2008).

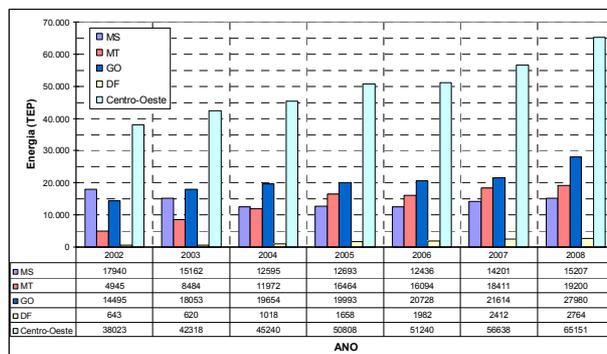


Figura 5 – Energia térmica (TEP/ano) do biogás – Suinocultura no Centro-Oeste (2002-2008).

Conforme Figura 3, é crescente a disponibilidade potencial de biogás na região Centro-Oeste. Destacam-se os estados de Mato Grosso e Goiás, os quais ampliaram em cerca de 4 (quatro) e 2 (duas) vezes o volume de biogás que pode ser obtido da suinocultura no período 2002-2008, respectivamente.

A quantificação da energia térmica (GJ e TEP) nas Figuras 4 e 5 acompanham a tendência dos resultados do volume de biogás (Figura 3). Em 2008, o estado de Mato Grosso do Sul alcançou ~15 mil TEP (~640.000 GJ), enquanto que o estado de Goiás quase o dobro destes valores e 20% superior no estado de Mato Grosso.

O processo de combustão é considerado com $\eta_{conversão} = 100\%$. Esta condição é obtida quando ar em excesso é disponibilizado no balanço estequiométrico da reação química de combustão. A reação envolve os componentes $CH_4 + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + \text{Calor}$. Tal consideração é adequada, tendo em vista que a intenção é utilizar a energia térmica como sendo a forma de uso final em sistemas térmicos para aquecimento em processos e atividades no meio rural e/ou agroindustrial, tais como o aquecimento de água e de ambiente da suinocultura e avicultura.

O aspecto social da viabilidade de uso deve ser destacado diante da possibilidade de utilização do biogás em atividades humanas cotidianas, tais como cozinhar (0,33 m³/dia/pessoa), iluminação com lâmpião (0,12 m³/hora/lâmpião) e chuveiro a gás (0,80 m³/banho). Além disso, outras atividades rurais podem fazer uso do biogás, dentre elas: incubadora da avicultura (0,71 m³_biogás/m³_espaço interno/hora), motor de combustão interna (0,45 m³_biogás/HP/hora) e eletricidade (0,62 m³_biogás/kWh), conforme Turdera e Yura (2006).

Friego et al. (2015) registram atividades do CIER-BIOGÁS (Centro Internacional de Energias Renováveis com Ênfase em Biogás). Estudos para o estado do Paraná indicam a produção potencial de biogás da ordem de 130.10⁶ m³ ou, se convertido em energia elétrica na ordem de 100 GWh/ano.

4 CONCLUSÕES

Conclui-se, com os resultados aqui apresentados, que a biomassa de resíduos animais da suinocultura da região Centro-Oeste possui grande relevância para atividades rurais. O biogás e a respectiva energia térmica, via combustão, apresentam quantidades significativas nos estados de Mato Grosso e Goiás. A micro-região de Dourados-MS, região sul do estado de Mato Grosso do Sul, também apresenta quantidades significativas e faz fronteira com a região oeste do estado do Paraná (maior rebanho suíno do país).

Caso haja interesse em transformar essa energia térmica em outra forma de energia, a exemplo de eletricidade, é necessário considerar o rendimento deste novo processo

de conversão de energia. Os resultados permitem estimular estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental para aproveitamento da biomassa residual da criação de animais (fonte de energia renovável) para obtenção de energia térmica (calor) e/ou energia elétrica (eletricidade). As tecnologias disponíveis para transformação da energia na forma de eletricidade possuem rendimentos que variam entre 15 e 30%, mas que ainda podem ser melhoradas.

Como sugestão de trabalhos futuros, após determinar o potencial energético disponível do biogás da suinocultura, a etapa seguinte é promover o aproveitamento na forma energia química (biogás, combustível gasoso) e na forma de fertilizantes orgânicos (material sólido resultante da biodigestão). O projeto e construção de biodigestores no meio rural podem ser realizados de maneira a considerar aspectos otimizados, com dimensionamento adequado com base em diversas técnicas e metodologias, com auxílio de aplicativos computacionais disponíveis na literatura, tais como o desenvolvido por Portes e Florentino (2006).

5 AGRADECIMENTOS

Ao apoio institucional via projeto de pesquisa N° 2012-2015/0031, intitulado “*Combustão industrial em fornos cerâmicos: eficiência energética de equipamentos e do sistema operando com diferentes combustíveis*”, PROPP/COPq da UFGD – Universidade Federal da Grande Dourados.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, S. C. A.; NIRENBERG, H.; BELCHIOR, C. R. P. Adaptações no motor para operar com biogás. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA – CONEM, 7., 2012, São Luís. **Anais...**São Luís: ABCM – Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2012.
- ANGONESE, A. R.; CAMPOS, A. T.; WELTER, R. A. Potencial de redução de emissão de equivalente de carbono de uma unidade suínica com biodigestor. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p.648-657, dez. 2007.
- ARAÚJO, W. C.; BARCELLOS, W. M.; FERREIRA, P. G.; FREIRE, F. N. A.; CAMELO, A. R. S.; ARAÚJO, R. V. M. Biogas combustion on reciprocal flow porous burner with energy extraction. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING - COBEM, 22nd, 2013, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: ABCM – Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2013.
- AVACI, A. B.; SOUZA, S. N. M.; CHAVES, L. I.; NOGUEIRA, C. E. C.; NIEDZIALKOSKI, R. K.; SECCO, D. Avaliação econômico-financeira da microgeração de energia elétrica proveniente de biogás da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia**

- Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 456-462, abr. 2013.
- COELHO, S. T.; MONTEIRO, M.B.; KARNIOL, M.R.; GHILARDI, A. **Atlas de bioenergia do Brasil**. São Paulo: CENBIO/MME, 2008.
- COELHO, J. C. **Biomassa, biocombustíveis, bioenergia**. Brasília, DF: Ministério das Minas e Energia, 1982. 100 p.
- CORTEZ, L. A.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas: Editora da Unicamp, 2008. 733 p.
- DIAS, M. I. A.; COLEN, F.; FERNANDES, L. A.; SOUZA, R. M.; BUENOS, O. C. Viabilidade econômica do uso do biogás proveniente da suinocultura, em substituição a fontes externas de energia. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 28, n. 3, p.155-164, jul./set. 2013.
- DIEDRICH, D. C.; MOREIRA, E.; ZANK, J. C. C. Analysis of the lubrication oil's life of biogas powered generators. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING, COBEM, 22nd, 2013, Ribeirão Preto. In: **Anais...**Ribeirão Preto: ABCM – Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2013.
- FRIGO, E. P.; ALVES, H. J.; FRIGO, M. S.; ARAUJO, C. H. C.; BASTOS, R. K. Biomassa residual rural proveniente de diferentes atividades agropecuárias brasileiras. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 1, p. 21-26, jan./mar. 2015.
- GUIMARÃES, C. M. M.; GALVÃO, V. Análise da rede de colaboração científica sobre biogás. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p.120-133, abr./jun. 2015.
- IBGE. **PAM – Produção Agrícola Municipal**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&co_duf=50&search=mato-grosso-do-sul>. Acesso em: 4 out. 2013.
- MARTINS, F. M.; OLIVEIRA, P. A. V. Análise econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás na suinocultura. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 3, p. 477-486, maio/jun. 2011.
- MOTTA, F. S. **Produza sua energia: biodigestores anaeróbicos**. Recife: Gráfica Editora AS, 1986.
- PERET, C. M.; SAN MARTIN, C. P. S.; BARRETO Jr.; SILVA, P. J. Biogás, alternativa real e sustentável para geração de energia elétrica. **Revista Engenharia**, São Paulo, v. 585, n. 1, p. 100-103, 2008.
- PORTES, Z. A.; FLORENTINO, H. O. Aplicativo computacional para projetos e construções de biodigestores rurais. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 21, n. 1, p.118-138, jan./mar. 2006.
- SANTOS, T. M. B.; LUCAS Jr., J.; SILVA, F. M. Avaliação do desempenho de um aquecedor para aves adaptado para utilizar biogás como combustível. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 658-664, dez. 2007.
- SILVA, F. M.; LUCAS Jr., J.; BENINCASA, M.; OLIVEIRA, E. Desempenho de um aquecedor de água a biogás. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 608-614, dez. 2005.
- TURDERA, E. M. V.; YURA, D. Estudo da viabilidade de um biodigestor no município de Dourados. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL; AGRENER-GD, 6., 2006, Campinas. **Anais...** Campinas: NIPE/UNICAMP, 2006.