

**Análise da viabilidade técnica e econômica para o uso de biodigestores em organização militar criadora de equinos levando em consideração os créditos de carbono**

**Technical and economic feasibility analysis for the use of biodigesters in a horse breeding military organization considering carbon credits**

DOI:10.34117/bjdv5n10-218

Recebimento dos originais: 10/09/2019

Aceitação para publicação: 17/10/2019

**Romero de Albuquerque Maranhão**

Pós-Doutorando em Educação, Arte e História da Cultura pela Universidade Presbiteriana Mackenzie. Doutor em Administração, Mestre em Geografia, Especialista em Gestão e Tecnologias Ambientais e Graduado em Administração Pública

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

Endereço: Rua da Consolação, 930 - Consolação, São Paulo - SP, 01302-907

E-mail: romeroalbuquerque@bol.com.br

**Norberto Stori**

Professor Titular do Programa de Pós Graduação em Educação, Arte e História da Cultura da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Licenciado em Desenho, Mestre e Doutor pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (UPM). Livre Docente pela UNESP.

Instituição: Universidade Presbiteriana Mackenzie

Endereço: Rua da Consolação, 930 - Consolação, São Paulo - SP, 01302-907

E-mail: nstori@uol.com.br

**RESUMO**

A geração de biogás produz inúmeras vantagens, principalmente em relação ao meio ambiente, transformando dejetos causadores de poluição em energia útil a ser aproveitada, através da biodigestão. Este trabalho consiste em uma análise técnica e econômica e preliminar da viabilidade de produção de energia térmica por meio de biogás, levando em consideração os créditos de carbono e sintetizado a partir de resíduos provenientes dos equinos criados por uma Organização Militar do Estado de São Paulo. Embora haja custos para implantação do sistema, o uso de biodigestores é: uma possível solução para o problema da destinação dos resíduos dos equinos; uma fonte de energia renovável; e uma fonte de recursos com a venda dos créditos de carbono, em função da não emissão de metano.

**Palavras-chave:** Biogás; Impacto Ambiental; Energia; Resíduos Sólidos

**ABSTRACT**

The generation of biogas produces numerous advantages, especially in relation to the environment, transforming pollution-causing waste into useful energy to be harnessed through biodigestion. This work consists of a technical and economic and preliminary analysis of the feasibility of thermal energy production through biogas, taking into consideration the carbon

credits and synthesized from waste from horses raised by a Military Organization of the State of São Paulo. Although there are costs to implement the system, the use of biodigesters is: a possible solution to the problem of equine waste disposal; a renewable energy source; and a source of funds from the sale of carbon credits, due to the non-emission of methane.

**Keywords:** Biogas; Environmental impact; Energy; Solid waste

## 1. INTRODUÇÃO

A criação de eqüinos, não diferente de outros manejos, causa impacto significativo ao meio ambiente e como tal requer adequada destinação dos resíduos gerados, sendo a implantação de biodigestores uma alternativa. Basicamente o biodigestor consiste, em uma câmara fechada onde a biomassa (volume de esterco produzido) é fermentada anaerobicamente (sem a presença do ar atmosférico), produzindo biogás e biofertilizante. Por si só, o biodigestor não produz o biogás, ele cria condições para que as bactérias metanogênicas produzam o gás metano, atuando sobre os materiais orgânicos na produção deste combustível (GASPAR, 2003).

A geração de biogás produz inúmeras vantagens, principalmente em relação ao meio ambiente, transformando dejetos causadores de poluição em energia útil a ser aproveitada, através da biodigestão. Resíduos animais, domiciliares ou industriais podem ser aproveitados, gerando economia e controle da poluição ambiental (MOURA & PANNIR SELVAM, 2006).

Desta forma, a principal contribuição deste sistema é que os dejetos, produzidos são transformados em gás, além da possibilidade de utilizar os resíduos como fertilizantes. A produção de energia apresenta baixo custo, e o aproveitamento dos resíduos evita que estes sejam lançados no meio ambiente, poluindo-o.

Assim, o presente trabalho consiste em uma análise técnica e econômica e preliminar da viabilidade de produção de energia térmica por meio de biogás, levando em consideração os créditos de carbono e sintetizado a partir de resíduos provenientes dos eqüinos criados por Organizações Militares, especificamente nesse estudo pelo Regimento de Cavalaria 9 de Julho da Polícia Militar do Estado de São Paulo.

## 2. EQÜINOS NO BRASIL

O cavalo ocupa uma posição de destaque nos países desenvolvidos e em muitos daqueles em desenvolvimento. No Brasil, ao analisar o ciclo do açúcar no Brasil colonial, Gilberto Freire, destaca o papel do boi e do cavalo: o boi associado ao escravo e ao trabalho, e o cavalo ao senhor de engenho, destacando: “... *essa caracterização do cavalo brasileiro*

*como o animal, mais que qualquer outro, a serviço do domínio dos 'defensores da Ordem' sobre a massa"* (FREYRE, 1937, p. 66).

Acredita-se que os primeiros cavalos voltados para utilização em solo brasileiro, chegaram em 1534, quando D. Ana Pimentel, esposa e procuradora de Martin Afonso de Souza (donatário da Capitânia de São Vicente), trouxe diversos animais domésticos das ilhas da Madeira e das Canárias. No ano seguinte, em 1535, Duarte Coelho (donatário da Capitânia de Pernambuco) iniciou a criação de animais domésticos no nordeste brasileiro incluindo, provavelmente, alguns cavalos (CEPEA, 2006).

De acordo com o CEPEA (2006), oficialmente, a chegada de cavalos no Brasil só foi registrada em 1549. Naquele ano, Tomé de Souza (primeiro governador-geral) mandou vir alguns animais, de Cabo Verde para a Bahia, na caravela Galga. Assim, nos primeiros anos da Colônia, a sua criação (junto com o gado bovino) foi iniciada formalmente e que seria fundamental para a formação do Brasil.

A criação de cavalos no Brasil colonial teve também importância estratégica. Durante o século XVII e parte do século XVIII o Brasil foi fornecedor de cavalos para as tropas portuguesas na África. Portugal tinha necessidade de cavalos para suas tropas, tanto para utilizar como armas de guerra quanto para intimidar os africanos (que demonstravam pavor ao cavalo) (CEPEA, 2006).

De acordo com dados do IBGE (2006), havia no Brasil, 5.787.250 eqüinos distribuídos por diversos Estados, conforme os dados da tabela 1. Sendo importante destacar que tais informações foram coletadas em correlação com a criação de bovinos junto aos criadores, estando fora da estatística os animais existentes em jockey clube ou Organizações Militares.

Em pesquisa realizada pelo CEPEA, em 2005, havia no Exército Brasileiro 1.570 cavalos, distribuídos por sete Estados, de acordo com a figura 1 e dados da tabela 2. Há predominância de eqüinos nas regiões sudeste, sul e centro-oeste. Além disso, registra que no mesmo ano havia nas Polícias Militares estaduais, um total 3.730 cavalos distribuídos pelo Brasil. (CEPEA, 2006).

**Tabela 1:** Rebanho de eqüinos no Brasil, por Unidade da Federação, em 1990 e 2004.

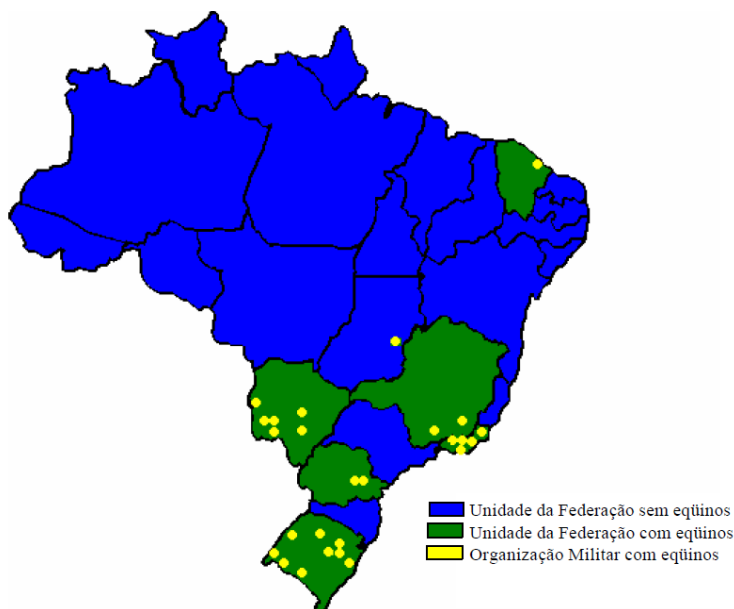
UF	Rebanho em 1990	Rebanho em 2004
AC	10.518	32.752
AL	58.408	52.686

<b>AM</b>	11.199	11.907
<b>AP</b>	3.757	3.706
<b>BA</b>	659.330	614.073
<b>CE</b>	231.894	139.102
<b>DF</b>	8.350	6.000
<b>ES</b>	84.823	72.956
<b>GO</b>	452.330	442.818
<b>MA</b>	286.923	175.027
<b>MG</b>	971.952	859.974
<b>MS</b>	286.181	366.399
<b>MT</b>	169.622	311.598
<b>PA</b>	252.220	282.835
<b>PB</b>	74.911	52.020
<b>PE</b>	135.332	119.680
<b>PI</b>	171.920	150.866
<b>PR</b>	448.567	434.381
<b>RJ</b>	107.300	105.827
<b>RN</b>	39.103	40.338
<b>RO</b>	52.263	146.683
<b>RR</b>	36.316	27.800
<b>RS</b>	593.555	484.512
<b>SC</b>	164.418	128.343
<b>SE</b>	82.646	68.640
<b>SP</b>	611.563	500.177
<b>TO</b>	152.430	156.150
<b>Brasil</b>	<b>6.157.831</b>	<b>5.787.250</b>

Fonte: IBGE (2006).

No Exército, os equinos são utilizados para diversas finalidades, tais como: a) ações de Garantia da Lei e da Ordem (GLO), nos Regimentos de Cavalaria (1º, 3º e REsC); b) participação em cerimonial militar (desfiles, guarda de honra e escoltas de autoridades); c) patrulhamento em Organizações Militares e nos Campos de Instrução; d) instrução militar nas escolas de formações de oficiais e praças (AMAN – Academia Militar das Agulhas Negras;

EsSA – Escola de Sargentos das Armas; e, EsEqEx – Escola de Equitação do Exército); e) produção de imunobiológicos (soro antiofídico) em convênio do Ministério da Saúde com o IBEx – Instituto de Biologia do Exército; f) prática desportiva, integrando comissões de desportos nacionais; g) atividades de equoterapia; e h) programas de estudos e melhoramentos da eqüideocultura nacional, na Coudelaria de Rincão (CEPEA, 2006).



**Figura 1:** Distribuição de eqüinos no Exército Brasileiro.

Fonte: CEPEA, 2006.

**Tabela 2:** Distribuição de eqüinos por Região Militar do Exército em 2005.

Região Militar (RM)	Efetivo	
	Previsto	Real
1ª RM (Rio de Janeiro)	563	491
3ª RM (Rio Grande do Sul)	638	588
4ª RM (Minas Gerais)	70	67
5ª RM (Paraná)	2	2
7ª RM (Ceará)	15	14
9ª RM (Mato Grosso do Sul)	96	98
11ª RM (Distrito Federal)	326	310
<b>Total</b>	<b>1.710</b>	<b>1.570</b>

Fonte: CEPEA, 2006.

### 3. BIODIGESTOR E BIOGÁS

Chama-se digestor a câmara onde se processa a digestão. Trata-se de um tanque fechado em concreto ou alvenaria onde a mistura (6 a 20% de sólidos e a restante água) a ser digerida é colocada (BATISTA, 1981).

O biodigestor é composto, basicamente, de uma câmara fechada chamada de digestor na quais biomassas (em geral detritos de vegetais e animais), são fermentadas anaerobicamente, isto é, sem a presença de ar. Como resultado desta fermentação ocorre à liberação de biogás e a produção de biofertilizante. Esse aparelho, não produz o biogás, apenas fornece as condições propícias para que as bactérias, as metanogênicas, degradem o material orgânico, com a conseqüente liberação do gás metano (COELHO *et al*, 2006).

Existem vários tipos de biodigestor, mas, em geral, todos são compostos, basicamente, de duas partes: um recipiente (tanque) para abrigar e permitir a digestão da biomassa, e o gasômetro (campânula), para armazenar o biogás.

Em relação ao abastecimento de biomassa, o biodigestor pode ser classificado como contínuo, isto é, abastecimento diário de biomassa, com descarga proporcional à entrada de biomassa, ou intermitente, quando utiliza sua capacidade máxima de armazenamento de biomassa, retendo-a até a completa biodigestão. Então, retiram-se os restos da digestão e faz-se nova recarga. O modelo de abastecimento intermitente é mais indicado quando da utilização de materiais orgânicos de decomposição lenta e com longo período de produção, como no caso de palha ou forragem misturada a dejetos animais.

De acordo com Coldebella *et al.* (2006), o biogás é composto por uma mistura de gases que tem sua concentração determinada pelas características do resíduo e as condições de funcionamento do processo de digestão. É constituído principalmente por metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), geralmente apresenta em torno de 65% de metano, o restante é composto na maior parte por dióxido de carbono e alguns outros gases como nitrogênio, hidrogênio, monóxido de carbono entre outros, porém, em menores concentrações, conforme demonstrado na tabela 3.

**Tabela 3:** Composição do biogás.

<b>Gás</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Concentração no biogás(%)</b>
Metano	CH <sub>4</sub>	50-80
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	20-40
Hidrogênio	H <sub>2</sub>	1-3
Nitrogênio	N <sub>2</sub>	0,5-3
Gás Sulfídrico e outros	H <sub>2</sub> S, CO, NH <sub>3</sub>	1-5

Fonte: La Farge, 1979.

Como pode ser observado na tabela 4, os dejetos de eqüinos apresentam uma grande capacidade de produção de biogás, porém a produção de metano é variável e dependente da ração do animal.

**Tabela 4:** Produção de biogás por dejetos animais.

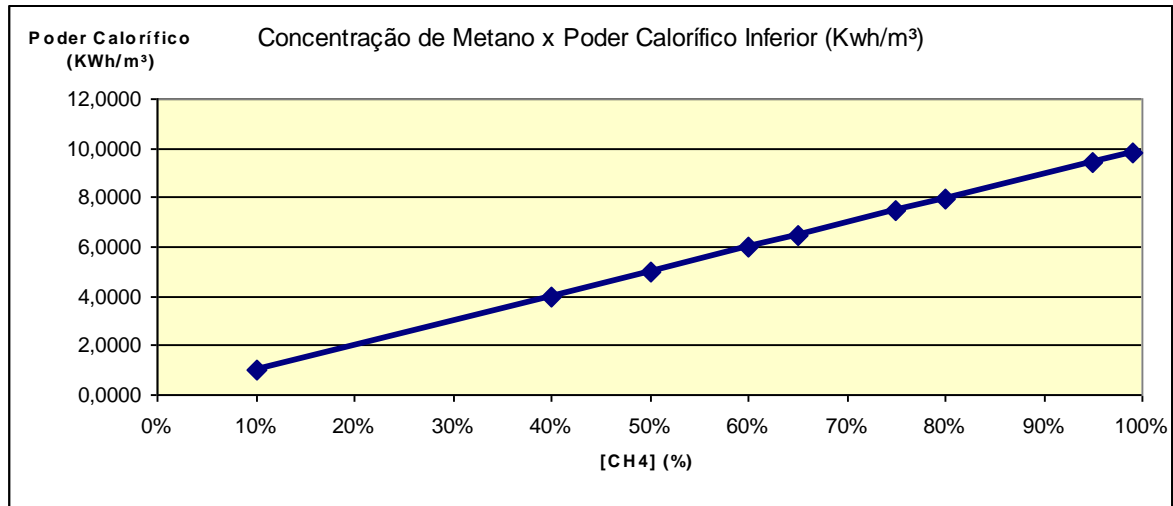
<b>Dejetos</b>	<b>Sólidos (kg/animal/dia)</b>	<b>Produção biogás (m<sup>3</sup>/animal/dia)</b>	<b>Gás metano produzido (%)</b>
Bovinos	10 – 15	0,292 – 0,980	55
Suínos	2,25 – 2,5	0,799 – 0,933	50
Eqüinos	10	0,36 – 1,225	Variável
Ovinos	0,5 – 2,28	0,25 – 0,32	50
Aves	0,12 – 0,18	0,001 – 0,017	Variável

Fonte: Nogueira (1986), Barrera (1993), Santos (2000) e Salomon (2007).

Costa (2006) ressalta que o poder calorífico do biogás depende fundamentalmente das proporções de metano e gás carbônico. Através da compilação dos trabalhos de Avellar (2001) *apud* Costa (2006) e de Coldebella *et al.* (2006), é possível estabelecer uma relação linear entre a concentração de metano e o poder calorífico do biogás, de acordo com o gráfico da figura 2.

O valor a ser utilizado como referência nesse estudo é o proposto por Nogueira & Zürn (2005), pois diversos autores citam que a concentração de metano no biogás costuma variar entre 50 e 60% (COSTA, 2006; COLDEBELLA *et al.*, 2006; TEIXEIRA, 1985). Segundo Lucas Júnior (1987), o biogás produzido em biodigestores, pelo período de um ano, é em média, 57,7% de CH<sub>4</sub> e 34,2 de CO<sub>2</sub>.

É importante destacar que o gás metano é um gás de efeito estufa com potencial de aquecimento global cerca de 21 vezes maior se comparado ao dióxido de carbono e é responsável por 20% do aquecimento global e, por isso, não deve ser lançado na atmosfera (CENBIO, 2008).



**Figura 2:** Relação linear entre a Concentração de Metano e o Poder Calorífico do Biogás.

Fonte: Baseado em COSTA (2006) e COLDEBELLA *et al.* (2006).

Em função da porcentagem com que o metano participa na composição do biogás, o poder calorífico deste pode variar de 5.000 a 7.000 kcal por metro cúbico. Esse poder calorífico pode chegar a 12.000 kcal por metro cúbico uma vez eliminado todo o gás carbônico da mistura.

Segundo Sganzerla (1983) e Lucas Júnior *et al.* (2003), 1 m<sup>3</sup> de biogás pode ser aplicado para gerar 1,428 kWh de eletricidade, conforme dados constantes da tabela 5.

**Tabela 5:** Correspondência entre o biogás e outras fontes de energia.

<b>1 m<sub>3</sub> de biogás corresponde a:</b>	<b>1,8 Kg de lenha seca</b>
	<b>910 ml de álcool</b>
	<b>610 ml de gasolina</b>
	<b>570 ml de querosene</b>
	<b>550 ml de óleo diesel</b>
	<b>0,45 Kg de GLP</b>
	<b>1,428 Kwh de energia elétrica</b>

Fonte: LUCAS JÚNIOR *et al.*, 2003.

De acordo com Oliveira (2004), a geração de energia elétrica, com o uso de biogás como combustível, pode ser dividida nas seguintes tecnologias disponíveis no momento:



- Conjunto Gerador de Eletricidade: consiste em um motor de combustão interna ciclo Otto (álcool, gasolina ou diesel) adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a um gerador de eletricidade, independente da rede de energia elétrica da concessionária local; e
- Conjunto Gerador Economizador de Eletricidade: consiste em um motor de combustão interna ciclo Otto (álcool, gasolina ou diesel) adaptado para o uso do biogás como combustível, acoplado a um motor assíncrono, 2 ou 4 pólos, que passa a gerar energia ao ser conectado à rede de energia elétrica da concessionária local.

No primeiro caso, o conjunto é independente de rede de energia elétrica local, gerando energia dentro da propriedade com o sistema de distribuição interno isolado. No segundo caso, gerador economizador de eletricidade, o equipamento gera energia somente se estiver conectado à rede de distribuição da concessionária de energia elétrica, deixando de funcionar se a mesma sofrer interrupção, ou manutenção nas redes elétricas externas. Neste caso a energia gerada é distribuída na propriedade e na rede externa até o transformador mais próximo (OLIVEIRA, 2004).

#### **4. BIODIGESTOR EM ORGANIZAÇÃO MILITAR**

A primeira Organização Militar a utilizar biodigestores, no Brasil, é o 1º Regimento de Cavalaria de Guarda (RCG), do Exército em Brasília, oficialmente conhecido como Dragões da Independência. O projeto dos biodigestores foi desenvolvido por uma parceria entre o Ministério de Minas e Energia, o Exército e o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) - laboratório ligado à Universidade Federal do Paraná (UFPR) (AGÊNCIA BRASIL, 2007).

A central de produção de biogás do RCG é composta por dois biodigestores que recebem cerca de 500kg/dia de estrume, um misturador (figura 3) e um motor que gera a energia elétrica (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2010). Numa primeira fase do projeto, a expectativa é de que a energia gerada ilumine o regimento durante a noite. "Tendo em vista a economia de luz, a gente mantinha o mínimo necessário; com isso eu posso manter todas as luzes acesas, aumentando a segurança do regimento", afirma o Comandante, coronel Souto Martins (AGÊNCIA BRASIL, 2007).

De acordo com o Comandante da Organização Militar, a economia na conta de energia pode chegar a até 20% dos R\$ 16 mil que são gastos mensalmente na unidade. Numa segunda etapa do programa, a produção de gás pode abastecer o regimento também durante o dia, gerando uma economia de luz maior (AGÊNCIA BRASIL, 2007).



**Figura 3:** Misturador de estrume com água do 1º Regimento de Cavalaria de Guarda (RCG).  
 Fonte: <http://www.youtube.com/watch?v=fkOU4UU6eXg>.

O LACTEC tem a intenção de implementar o projeto também com a Polícia Militar do Estado do Paraná, para geração de energia, pois atualmente, as fezes dos animais são utilizadas para compostagem e fertilização do solo, mas esse é um processo bastante trabalhoso e de alto custo (PARANÁ ONLINE, 2007).

Na Inglaterra o estrume dos cavalos da unidade de cavalaria cerimonial do Exército britânico, cerca de 170 animais, terá a partir de 2011 um novo destino: a produção de energia para aquecer e iluminar a nova sede do regimento, no sul de Londres. A medida está alinhada com a meta do governo para reduzir as emissões de carbono (REVISTA EXAME, 2010).

## 5. METODOLOGIA

O Estudo foi desenvolvido no Regimento de Policia Montada 9 de Julho que é uma unidade da [Polícia Militar do Estado de São Paulo](#), constitui em órgão especial de execução subordinado ao [Comando de Policiamento de Choque](#) atuando na preservação da ordem pública em operações especiais rurais e urbanas e controle de tumultos. Possui atualmente 3 destacamentos na Grande São Paulo, nas cidades de [Mauá](#), [São Bernardo do Campo](#) e na [Academia de Polícia Militar do Barro Branco](#).

O regimento da cavalaria possui 300 cavalos, com peso médio de 500 kg (CURY, 2010), que são confinados quando em estábulos (figura 4). Em decorrência de seu porte e de sua mobilidade, os equinos de Cavalaria são utilizados para vários fins, sendo insubstituíveis em situações específicas como no patrulhamento urbano e no controle de multidões. No entanto, para que exerçam sua função adequadamente, devem permanecer próximos ao homem (LEAL, 2007).



**Figura 4: Regimento de Cavalaria 9 de Julho e os cavalos nos estábulos.**

Fonte: <https://mapio.net/pic/p-60752371/>

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. VIABILIDADE TÉCNICA**

Os tipos de biodigestores mais usados são o indiano, o chinês e o canadense. O modelo indiano tem sua cúpula geralmente feita de ferro ou fibra. Nesse tipo de biodigestor o processo de fermentação acontece mais rápido, pois aproveita a temperatura do solo que é pouco variável, favorecendo a ação das bactérias. Ocupa ainda pouco espaço e a construção por ser subterrânea, dispensa o uso de reforços, tais como cintas de concreto.

Já modelo chinês foi desenvolvido voltado para as pequenas propriedades rurais. É um modelo de peça única, construído em alvenaria e enterrado no solo, para ocupar menos espaços. Este modelo tem o custo mais barato em relação aos outros, pois sua cúpula também é feita em alvenaria. Enquanto o modelo Canadense (figura 5) é um modelo tipo horizontal, apresentando uma caixa de carga em alvenaria e com a largura maior que a profundidade, possuindo, portanto, uma área maior de exposição ao sol, o que possibilita numa grande produção de biogás e evitando o entupimento. Durante a produção de gás, a cúpula do biodigestor infla porque é feita de material plástico maleável (PVC), podendo ser retirada. O maior empecilho deste equipamento é o alto custo da cúpula (CASTANHO e ARRUDA, 2008).



**Figura 5:** Biodigestor modelo canadense.

Para Lindemeyer (2008), o modelo canadense com cobertura de lona de PVC, em substituição às campânulas (metálica ou de fibra de vidro), vem ganhando maior espaço em virtude dos menores custos e facilidade de implantação (LINDEMEYER, 2008).

Desta forma, o modelo sugerido por esse estudo será o canadense, que possui custo para construção de R\$ 16.000,00, acrescido da manta de PVC flexível modelo 200 m<sup>3</sup> e área de 480 m<sup>2</sup> que custa em média R\$ 8.300,00, totalizando R\$ 24.300,00. Associado a este sistema de tratamento esta o conjunto motor/gerador composto por um motor de 4,9l e 55cv de potência a 1800 RPM, tradicionalmente utilizado no veículo F-1000 a gasolina e um gerador de 60Hz com capacidade de gerar 44kWh em regime contínuo com custo de implantação em torno dos R\$ 20.000,00. Desta maneira, o custo total para implantar o sistema seria de **R\$ 44.300,00**.

As dimensões do biodigestor foram obtidas a partir dos dados constantes das tabelas 4, 6 e 7. Cabendo ressaltar que para dimensionar o biodigestor optou-se por utilizar a quantidade mínima de biogás produzido por um equino.

**Tabela 6:** Dimensionamento do biodigestor.

Volume (m <sup>3</sup> )	Profundidade (m)	C1(m)	Largura L1(m)	C2(m)	Largura L2(m)
3,0	1,0	3,5	1,2	3,0	0,7
7,0	1,0	6,0	2,0	4,8	0,8
15,0	1,4	7,0	2,5	5,5	1,0
20,0	1,5	8,0	3,0	6,0	1,0
30,0	1,5	10,0	3,5	8,0	1,5
100,0	2,0	15,0	5,0	13,0	3,0
200,0	2,5	19,0	6,0	16,0	4,0
300,0	3,0	21,0	7,0	18,0	5,0

Fonte: Almeida et al. (2008)

**Tabela 7:** Estimativa de biogás produzido por equinos da cavalaria do Estado de São Paulo.

<b>Número de equinos</b>	<b>Biogás por animal (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Total de biogás produzido (m<sup>3</sup>)</b>
300	0,36*	108
300	0,79***	237
300	1,225**	367,5

\* quantidade mínima de biogás produzido por um equino

\*\* quantidade máxima de biogás produzido por um equino

\*\*\* média entre quantidade mínima e máxima de biogás produzido por um equino

## 6.2. VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise econômica do empreendimento consiste em fazer estimativas de todo o gasto envolvido com o investimento inicial, operação e manutenção e receitas geradas durante um determinado período de tempo.

O *Payback* quer dizer retorno do investimento, ou seja, quanto tempo será necessário para que o capital investido inicialmente seja recuperado. O *Payback* pode ser calculado conforme a expressão:

$$PB = \frac{Inv.Inicial}{\sum FC_{Ano}}$$

**Onde:**

**Investimento Inicial = custo do investimento inicial, em R\$**

**FC = fluxo de caixa ao ano, em R\$**

É importante registrar que o *payback* não considera o valor do dinheiro no tempo (GITMAN, 2002), normalmente é empregado para calcular o retorno de pequenos investimentos, pois é um método simples de avaliação.

De acordo com Lindemeyer (2008), a implantação de uma unidade geradora se viabiliza economicamente pelo equivalente em quilowatts/hora evitados no consumo tradicional. A economia é grande quando, por exemplo, a energia gerada é utilizada para suprir a demanda durante o horário de ponta (entre as 18 e as 21 horas), em que o custo da eletricidade chega a sete vezes o valor do horário normal. Utilizar a eletricidade gerada pela biomassa

apenas em determinados horários só é possível porque essa fonte, sob esse aspecto, assemelha-se muito a outra renovável, a hidreletricidade. Assim como a energia é armazenada na forma de água nos reservatórios das usinas hidrelétricas, ela pode ser armazenada na forma de biogás em gasômetros.

Em termos de condições técnicas e operacionais, a ANEEL, através do Decreto Federal nº 5.163/04 e pela Norma Técnica 167/05, reconheceu e regulamentou a geração de energia próxima ao local de consumo. Em julho de 2008, a Agência emitiu a Resolução nº 1.482, autorizando a Companhia Paranaense de Energia Elétrica (COPEL) a implantar projeto-piloto que prevê a compra da energia excedente produzida em pequenas propriedades rurais no Paraná a partir de dejetos de animais. Com isso abre-se a possibilidade para pequenos produtores de energia vender para a concessionária local o excedente de energia produzida e não consumida.

A receita com energia elétrica, que servirá como fluxo de caixa, para o *payback* foi calculada e servirá para economizar no consumo da Organização Militar. Conforme dados da tabela 8 é possível estabelecer a quantidade de energia gerada a produção de biogás.

**Tabela 8:** Produção de energia a partir do biogás produzido pelos eqüinos.

Quantidade biogás	Fator Kwh	Quantidade dia	Quantidade mês
108 m <sup>3</sup>	1,428	154 kwh	4620 kwh
237 m <sup>3</sup>	1,428	338 Kwh	10140 kwh
367,7 m <sup>3</sup>	1,428	525 kwh	15750 kwh

Para auferir a receita, foi utilizada a taxa de R\$ 0,22, conforme constante no sítio eletrônico da ANEEL. Para 108 m<sup>3</sup> é possível obter uma redução de R\$ 1.016,40 ao mês e R\$ 12.196,80. Conforme dito anteriormente, foi somente utilizado o valor mínimo de produção do biogás para se obter o cálculo da receita e estabelecer o *payback*, estimado em 44 meses (3 anos e 8 meses). Caso considerado o valor médio de biogás produzido, o *payback* seria menor que 2 anos, e com o valor máximo de biogás produzido, o *payback* seria de 1 ano.

### 6.3. CRÉDITOS DE CARBONO

De acordo com a EMBRAPA (2002), emissões de metano a partir dos processos digestivos de todos os animais têm sido estimadas entre 65 e 100 Tg/ano (média de 85 Tg/ano), representando cerca de 15% das emissões totais de metano. As emissões de metano a partir de

dejetos animais, estimadas em 25 Tg (20 - 30 Tg) (IPCC, 1995), estão associadas com o manejo de animais confinados, onde os dejetos são manipulados como líquidos.

A possibilidade de auferir receitas extras através da venda de créditos de carbono provenientes do não lançamento de gases do efeito estufa é outro aspecto que contribui para o aumento no interesse pela tecnologia. Para obter receitas com créditos de carbono é preciso ter um projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL).

De forma resumida é possível obter ganho com o metano, a partir da energia gerada ao mês 4620 kwh, para o valor mínimo de biogás produzido. Em um ano estima-se que seja produzida 55,44 Mwh. Conforme instruções da United Nations Framework Convention on Climate Change, o fator de correção (0,27) aplicado ao valor de 55,44 Mwh/ano, obtemos 14,96 total RCE CO<sub>2</sub> (Reduções Certificadas de Emissões).

Fazendo a conversão de 14,96 x Fator de correção para metano (327,45 Euros), obtemos 4898,65 euros, convertendo a uma taxa de câmbio R\$ 2,75, podemos obter R\$ 13.471,28.

Se considerarmos o valor obtido com os créditos de carbono no *payback*, o retorno no investimento passa a ser em 39 meses (3 anos e 3 meses). Caso seja considerado os ganhos com energia e créditos de carbono, o retorno do investimento seria em aproximadamente 20 meses.

## 7. CONCLUSÕES

Embora haja custos para implantação do sistema, o uso de biodigestores é: uma possível solução para o problema da destinação dos resíduos dos equinos; uma fonte de energia renovável; e uma fonte de recursos com a venda dos créditos de carbono, em função da não emissão de metano.

A viabilidade ambiental do trabalho não foi apresentada, todavia o atendimento a legislação atinente aos resíduos sólidos; a eliminação ou redução de esterco, com a produção de biofertilizante e não considerado com uma possível fonte de receita para a Organização Militar; e a minimização dos gases de efeito estufa, por si só já representam características que justifiquem a viabilidade ambiental do projeto.

Não foram levados em consideração a mão-de-obra e os custos para manutenção do sistema, por entender que há pessoal qualificado para tais atividades. Mesmo assim, o investimento é considerado baixo para o retorno com a energia elétrica que poderá ser economizada.

O estudo manteve o valor mínimo de biogás produzido como referência por entender que há uma gama de atividades, em diversos horários para os eqüinos e, portanto sem uma produção de esterco em ciclos homogêneos.

A dificuldade na obtenção de dados para eqüinos é um fator que limitou o desenvolvimento do trabalho, todavia apresenta lacunas que poderão ser preenchidas com pesquisa mais aprofundada, entre elas: acompanhamento da rotina dos animais, sua alimentação e atividades, para que se possa entender o ciclo dos cavalos que prestam atividades nas ruas do Estado de São Paulo; obtenção de financiamento para colocação de um biodigestor nas unidades que possuem eqüinos em São Paulo para que seja possível verificar se o retorno *in situ* é positivo.

### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. **Estrume de cavalos do exército gera energia e fertilizante**. Brasília, 2007. Disponível em: <http://www.cabecadecuia.com/noticias/3395/estrume-de-cavalos-do-exercito-gera-energia-e-fertilizante.html>. Acessado em: 10 de dezembro de 2010.

BARRERA, Paulo. **Biodigestores: Energia, Fertilidade e Saneamento Para Zona Rural**. São Paulo: Ícone, 1993.

BATISTA, L. F. **Manual técnico construção e operação de biodigestores**. Brasília, 1981, 54p.

CASTANHO, D. S.; ARRUDA, H. J. **Biodigestores**. In: Anais da VI Semana de Tecnologia em Alimentos. UTFPR, 2008. Disponível em: <http://www.pg.utfpr.edu.br/setal/docs/artigos/2008/a2/004.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2013.

CENBIO. **Nota Técnica VIII: Biogás e o mercado de crédito de carbono**. São Paulo, 2008. Disponível em: [http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica\\_viii.pdf](http://cenbio.iee.usp.br/download/documentos/notatecnica_viii.pdf). Acesso em: 10 de dezembro de 2013.

CEPEA. **Estudo do complexo do agronegócio cavalo**. 2006. Disponível em: [http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/cavalo\\_resumo.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/cavalo_resumo.pdf). Acesso em: 28 de dezembro de 2014.

COLDEBELLA, A.; SOUZA, S. N. M.; SOUZA, J. **Viabilidade da cogeração de energia elétrica com biogás da bovinocultura de leite**. In: [AGRENER GD 2006 – 6º Congresso](#)



[Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural](#). UNICAMP, Campinas, 2006.

COSTA, D. F. **Geração de Energia Elétrica a Partir do Biogás do Tratamento de Esgoto**. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, 2006.

CURY, M. **Cavalaria completa 118 anos sem parar no tempo**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.marcelocury.com/cavalaria-completa-118-anos-sem-parar-no-tempo/>. Acesso em: 18 de dezembro de 2014.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Agropecuária. **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa**. Relatórios de Referência – Emissão de metano da pecuária. Ministério de Ciência e Tecnologia/MCT, 2002.

EXÉRCITO BRASILEIRO, 2010. **Boas Práticas – Biodigestor**. Disponível em: <http://www.exercito.gov.br/03ativid/meioambiente/materias/biodigestor.htm>. Acesso em: 30 de setembro de 2014.

FREYRE, G.M. **Nordeste : aspectos da influência da cana sobre a vida e a paisagem do nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro : Jose Olympio, 1937.

GASPAR , R. M. B. L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: Um estudo de caso na região de Toledo-PR**. Pós-Graduação em engenharia de produção e sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2003, 119p.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de administração financeira**. São Paulo: Harbra, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário**. 2006.

IPCC, 1995. **Climate Change 1994. Radiative Forcing of Climate Change**. Cambridge: University Press. 339p.

LA FARGE, B. **Le Biogaz – Procèdes de Fermentation Méthanique**. Paris, Masson, 1979.

LEAL, B. B. **Avaliação do bem-estar dos eqüinos de cavalaria da Polícia Militar de Minas Gerais: indicadores etológicos, endocrinológicos e incidência de cólica**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Veterinária –UFMG, 2007.

LINDEMEYER, R. M. **Análise da viabilidade econômico-financeira do uso do biogás como fonte de energia elétrica.** Trabalho de Conclusão de Curso de Administração, UFSC, 2008.

LUCAS JÚNIOR, J. **Estudo comparativo de biodigestores modelos indiano e chinês.** Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1987.

LUCAS JÚNIOR, J.; SOUZA, C. F.; LOPES, J. D. S. **Construção e operação de biodigestores.** Série energia alternativa, manual 441. Viçosa-MG, CPT, 2003, 176 p.

MOURA, J.P. & PANNIR SELVAM, P.V.P., **Sistema integrado de energia usando fundamentos de engenharia ambiental.** Bioenergy World Américas, 2006. Disponível em: [www.bioenergy-world.com/americas/2008/IMG/](http://www.bioenergy-world.com/americas/2008/IMG/). Acesso em: 12 de dezembro de 2014.

NOGUEIRA, L. A. H. **Biodigestão: a alternativa energética.** São Paulo: Nobel, 1986.

NOGUEIRA, C. E. C., ZÜRN, H. H. **Modelo de dimensionamento otimizado para sistemas energéticos renováveis em ambientes rurais.** Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.2, p.341-348, maio/ago, 2005.

OLIVEIRA, P. A. V. **Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas.** Concórdia, Embrapa Suínos e Aves, 2004, 109p.

PARANÁ ON LINE. **Projeto do Lactec para produção de biogás será usado pela Polícia Militar.** 2007. Disponível em: <http://www.parana-online.com.br/editoria/cidades/news/250831/?noticia=PROJETO+DO+LACTEC+PARA+PRODUCAO+DE+BIOGAS+SERA+USADO+PELA+POLICIA+MILITAR>. Acesso em: 23 de dezembro de 2014.

REVISTA EXAME. **Dejetos da cavalaria real britânica vão gerar energia.** 2010. Disponível em: <http://exame.abril.com.br/economia/meio-ambiente-e-energia/noticias/dejetos-cavalaria-real-britanica-va-gerar-energia-580828>. Acesso em: 23 de dezembro de 2014.

SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade.**

## ***Brazilian Journal of Development***

Itajubá. 219 p. Tese de Doutorado (Doutorado em Conversão de Energia) – Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, 2007.

SGANZERLA, E. **Biodigestor: uma solução.** Agropecuária, Porto Alegre, 1983.

TEIXEIRA, E. N. **Adaptação de estruturas existentes (esterqueiras) em biodigestores.** Tese de Mestrado. UNICAMP, Campinas, 1985.