

AVALIAÇÃO DO USO DE INÓCULOS NA BIODIGESTÃO ANAERÓBIA DE CAMA DE AVIÁRIO

Joseane Bortolini¹, Maria Hermínia Ferreira Tavares², Dayane Freitag³, Eder Soares Machado⁴, Osvaldo Kuczman⁵

¹ Engenheira Ambiental, mestranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UNIOESTE, josi_bortolini@hotmail.com

² Engenheira Química, Profa., Pós-Doutora, UNIOESTE, mhstavar@gmail.com

³ Graduanda Engenharia Agrícola, Iniciação científica, UNIOESTE, dayane_freitag@hotmail.com

⁴ Graduando Engenharia Agrícola, Iniciação científica, UNIOESTE, edersooares@hotmail.com

⁵ Engenheiro Agrícola, Doutor, UNIOESTE, bioma@creapr.org.br

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

RESUMO: Os avicultores brasileiros produziram, em 2014, mais de 5 bilhões de cabeças de frangos de corte, gerando 8 bilhões de dólares em exportações. Embora tais números representem a capacidade dos produtores, tem-se que refletir sobre a grande geração de resíduos. Na avicultura de corte, o principal resíduo é a cama de aviário, a qual recebe as excretas dos frangos. Uma alternativa para o tratamento deste resíduo é a digestão anaeróbia, gerando biofertilizante e biogás. Como um dos fatores que afeta o processo é a utilização de inóculo, o estudo objetivou investigar a influência de aplicação de biofertilizante suíno como inóculo na biodigestão anaeróbia da cama de aviário, em biodigestores tubulares, testando diferentes porcentagens de inóculo: 0; 10; 15; 20; 25 e 30%. Utilizou-se regressão para verificar a relação entre a variável dependente (produção de biogás) e a independente (% de inóculo), concluindo, através do diagrama de dispersão e do coeficiente de correlação, que existe correlação positiva entre as duas variáveis, sendo o modelo proposto quadrático, com R^2 de 0,7702. A análise de variância mostrou diferença significativa entre os tratamentos ao nível de 5% de significância. O tratamento 3, com 15% de inóculo, apresentou a melhor média de produção de biogás

PALAVRAS-CHAVE: avicultura de corte, biodegradabilidade, inóculo suíno.

EVALUATION OF INOCULUMS USE IN POULTRY LITTER ANAEROBIC DIGESTION

ABSTRACT: The Brazilian poultry farmers produced, in 2014, more than 5 billion of broiler unities, generating 8 billion dollars in exportations. Although these numbers denote capacity of the poultry farmers, it is necessary a reflection about the waste generation. In the case of the broiler industry, the main residue is the poultry litter, receiving the excreta of the process. An alternative to the waste treatment and disposal is the anaerobic digestion, which generates biofertilizer (rich in nutrients) and biogas. Considering that one of the factors that influence the process is the use of inoculum, this study aimed at investigating the influence of swine biofertilizer application as inoculum in anaerobic digestion with poultry litter, in tubular reactors, testing different inoculum application percentages: 0.10, 15, 20, 25 and 30%. Linear regression was used to investigate the relationship between the dependent variable (biogas

production) and independent variable (inoculum %), concluding by scatter plots and correlation, that there is a positive correlation between the two variables being the quadratic model proposed with R^2 0.7702. With the analysis of variance (ANOVA), it was concluded that there is significant difference among treatments at the 5% significance level. The treatment 3, with 15% in inoculum, showed the best biogas production.

KEYWORDS: broiler industry, biodegradability, swine inoculum.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a produção de animais tem sido aprimorada, passando da criação extensiva para o modelo intensivo de confinamento, visando aumentar a eficiência do processo e reduzir custos de produção (KUNZ & OLIVEIRA, 2006).

Tal modelo acarretou maior produção do resíduo cama de aviário, utilizada na criação de aves de corte, com a finalidade de proporcionar um ambiente sanitariamente seguro ao plantel, impedindo o contato direto com a umidade e micro-organismos que possam comprometer a saúde do animal, sendo gerados anualmente um grande volume de resíduos na forma de esterco, efluentes, camas de aves e aves mortas (SEIFFERT, 2000; SUZUKI et al., 2012).

No ano de 2014, foram abatidas 1,56 bilhões de cabeças de frango: comparativamente ao ano de 2013, com 1,46 bilhões, houve um aumento considerável, ou seja, 7,2% a mais que em 2013 (SINDIVIAPAR, 2015).

Em função da alta concentração dos resíduos do sistema de produção de animais confinados, os problemas ambientais têm se intensificado, criando a necessidade de alternativas para minimizar os impactos e agregar valor aos resíduos gerados (KUNZ e OLIVEIRA, 2006).

Uma alternativa é a digestão anaeróbia, processo pelo qual bactérias anaeróbias, num ambiente desprovido de oxigênio (biodigestor), degradam a matéria orgânica, a qual tem sido amplamente aplicada para o tratamento de resíduos de operações agrícolas e industriais (CATARINO et al, 2009; CHEN et al., 2008).

O tratamento de resíduos de cama de aviário por digestão anaeróbia tem várias vantagens, dentre elas podemos citar os subprodutos gerados, como o metano, que pode ser utilizado como fonte de energia, e o biofertilizante, que pode ser usado como condicionador do solo; e, além disso, a capacidade de estabilizar grandes volumes a baixo custo. (SANCHEZ, 2005).

Sendo também, uma alternativa para o produtor avícola adequar seu sistema de tratamento de resíduos as legislações ambientais vigentes e também a possibilidade de obter-se a sustentabilidade energética da granja (AIRES et al., 2013).

A digestão anaeróbia é uma técnica bem estabelecida para a produção de energia renovável, que quando aplicada à gestão de resíduos, além da produção de energia, traz como benefício o tratamento de resíduos (CHINELLATO et al., 2013).

Embora a digestão anaeróbia tenha sido comprovada e estabelecida como um método para degradar uma variedade de poluentes e resíduos orgânicos, é um processo complexo que exige operação cuidadosa e monitoramento de parâmetros, como: pH, alcalinidade, temperatura, ácidos graxos voláteis, carga orgânica, tempos de retenção hidráulica, composição do biogás, entre outros. (YETILMEZSOY, 2012).

Contudo vários estudos têm sido realizados com o objetivo de aumentar a produção de biogás, sendo a adição de inóculo um dos métodos utilizados (XAVIER et al., 2010).

Os inóculos desempenham um papel importante na fase inicial do reator, pois equilibram as populações de bactérias, e, além disso, tem a função de acelerar o processo, principalmente em materiais difíceis de serem digeridos (SHAH et al.,2014.; PALHARES, 2005).

Entretanto, são poucos os estudos referentes à quantidade de inóculo a ser utilizada em relação ao substrato a ser digerido. Assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a produção de biogás utilizando como substrato cama de aviário, com diferentes porcentagens de inóculo suíno a fim de observar possíveis diferenças em relação à produção de biogás.

MATERIAL E MÉTODOS

Local

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Bioreatores do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (RHESA) da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) Campus de Cascavel/PR.

Cama de aviário (CA) e Inóculo

Foi realizada a coleta da cama de aviário em uma propriedade em Novo Três Passos, no município de Quatro Pontes – PR, a qual pertencia ao nono lote e que foi caracterizada segundo os parâmetros de pH, condutividade, umidade, carbono orgânico total (COT), sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF) e sólidos totais voláteis (STV), conforme Tabela 1.

TABELA 1. Características da cama de aviário. **Poultry litter characteristics.**

	pH	Condutividade (mS/cm)	ST (%)	STF (%)	STV (%)	Umidade (%)	COT (%)
CA	7,9	11,9	85,38	36,44	79,48	14,62	35,31

O inóculo (IN) a ser utilizado no experimento foi o biofertilizante da biodigestão anaeróbica de suínos, proveniente de um biodigestor de uma empresa, localizada na cidade de Cascavel-PR, o qual foi caracterizado segundo os sólidos totais (ST), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV), pH, e condutividade, conforme mostra a Tabela 2.

TABELA 2. Características do inoculo suíno. **Swine inoculum characteristics.**

	pH	Condutividade (mS/cm)	ST(g/L)	STF(g/L)	STV(g/L)
Inóculo	8,0	9,4	2,635	1,890	0,745

Biodigestor

O experimento foi conduzido utilizando-se 6 biodigestores, construídos em cloreto de polivinila (PVC) com volume útil aproximado de 60 L cada, operados na direção horizontal. A temperatura considerada foi a ambiente.

Cada biodigestor foi acoplado a um gasômetro, construído em PVC, com um filme de água a fim de reter o biogás. possibilitando a sua quantificação com base no deslocamento diário de uma régua. A determinação de produção de biogás foi determinada pelo deslocamento vertical dos gasômetros e posterior multiplicação pela área da seção transversal interna dos mesmos.

Após cada leitura, os gasômetros foram zerados e a correção do volume de biogás para as condições normais de temperatura e pressão foi efetuada com base na equação de Clapeyron:

$$(P1 * V1) / T1 = (P2 * V2) / T2 \dots\dots\dots(1)$$

em que,

P1 – pressão em condições normais (1 atm);

T2 - temperatura absoluta em condições normais (273K);

V1 - volume de biogás corrigido;

P2 – pressão obtida no momento da leitura de biogás;

T2 - temperatura absoluta obtida no momento da leitura de biogás, e

V2 - volume de biogás medido no momento da leitura.

Descrição do experimento

Os 6 biodigestores foram operados com resíduos da cama de frango de corte, em temperatura ambiente e em regime semi-contínuo, considerando os seis tratamentos representando diferentes porcentagens de inoculação conforme Tabela 3, sendo as repetições consideradas as alimentações a serem realizadas nos biodigestores.

TABELA 3. Condições de inoculação realizadas para a execução do experimento. **Inoculation conditions carried out to implement the experiment.**

Tratamentos	Condições de inoculação
T ₁	água + Cama de Aviário (CA)
T ₂	água + 10 % inóculo + (CA)
T ₃	água + 15 % inóculo + (CA)
T ₄	água + 20 % inóculo + (CA)
T ₅	água + 25 % inóculo + (CA)
T ₆	água + 30 % inóculo + (CA)

Utilizou-se no experimento um teor de sólidos totais de 8%: com as porcentagem de ST e a densidade da cama de frango de 0,52 g/mL foi possível determinar a quantidade de cada componente no biodigestor.

Na Tabela 4, são apresentados os valores de cada componente no preparo dos substratos.

TABELA 4. Quantidades e características dos substratos e inóculo (teores de sólidos totais (ST) e voláteis (SV)) dos biodigestores. **Quantities and characteristics of the substrate and inoculum (total solids (TS) and volatile (SV)) of digesters**

Tratamentos	resíduo (kg)	água (kg)	inóculo (kg)
T ₁	6	48,5	0
T ₂	5,8	42,8	6
T ₃	5,7	40	9
T ₄	5,6	37,2	12
T ₅	5,5	34,4	15
T ₆	5,41	31,6	18

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Utilizou-se regressão para verificar a relação entre a variável dependente (produção de biogás) e a independente (% de inóculo), conforme a Figura 1.

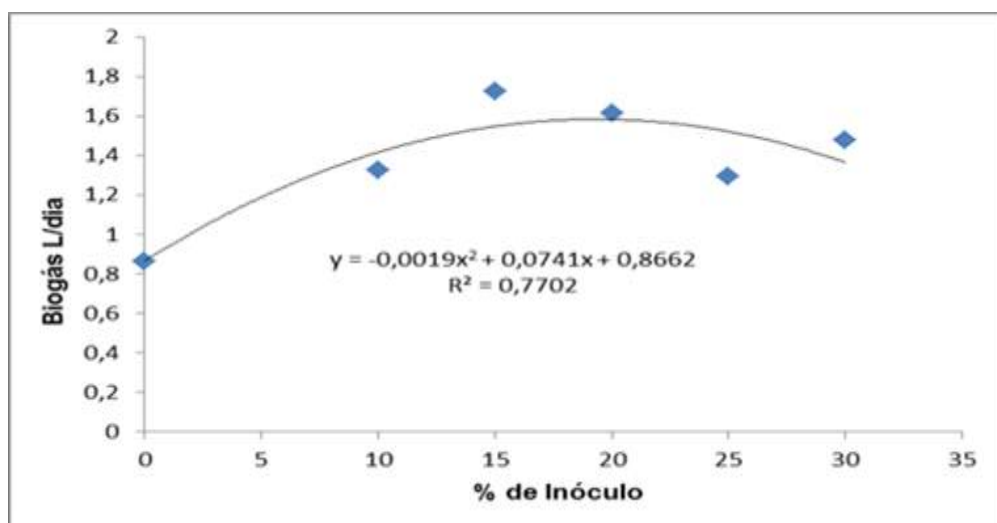


FIGURA 1. Relação entre as diferentes porcentagens de inóculo testadas com as produções de biogás obtidas.

Na Figura 1, existe correlação entre a produção de biogás em relação às porcentagens de inóculo, sendo o modelo proposto quadrático, apresentando R^2 de 0,7702, com uma produção máxima de 1,589 L/dia, neste caso, existe uma correlação de Spearman positiva apresentando R de 0,8776 entre as duas variáveis.

As análises estatísticas foram realizadas com o Minitab® 16 Statistical Software Versão 16.1.0, considerando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com 6 tratamentos, sendo que os dados não apresentavam normalidade por nenhum dos testes utilizados ao nível de 5% de significância. Portanto realizou-se a transformação Box-Cox dos dados.

Os dados transformados apresentaram normalidade pelo Teste de Normalidade de Anderson-Darling, pois o p-valor (0,558) encontrado é maior que o nível de significância de 5%. Os resultados obtidos com a análise de variância são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5. Análise de Variância (ANOVA) com 5% de significância. **Analysis of Variance (ANOVA) with 5% significance.**

Fonte de variação	Graus liberdade	Soma de Quadrados	Quadrado médio	P-valor
Tratamentos	5	11,0289	2,2058	0,000*
Resíduo	138	11,3630	0,0823	
Total	143	22,3919		

*significativo ao nível de 5% de significância.

Conclui-se através da análise de variância que existem diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de 5% de significância, pois p-valor < 5%. Para verificar essas diferenças entre os tratamentos realizou-se o teste de médias Tukey ao nível de 5% de significância.

TABELA 6. Teste de médias Tukey ao nível de 5% de significância. **Tukey mean test at 5% significance.**

Inóculo	Média (L/dia)	Teste Tukey
T ₁ - 0%	0,8637	D
T ₂ - 10%	1,3276	C
T ₃ - 15%	1,7254	A
T ₄ - 20%	1,6124	AB
T ₅ - 25%	1,2916	C
T ₆ - 30%	1,4754	BC

Pode-se observar através da Tabela 6, que o tratamento 1 foi o que apresentou a pior média de produção de biogás, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos. Assim, a adição de inóculo apresentou resultados satisfatórios em relação a produção de biogás, corroborando com Xavier et al. (2010), os quais afirmaram que vários métodos têm sido empregados com o objetivo de aumentar a produção de biogás, sendo a adição de inóculo um desses métodos.

O tratamento 3 apresentou a melhor media de produção, sendo estatisticamente igual ao tratamento 4 ao nível de 5% de significância, sendo o tratamento 4 estatisticamente igual ao tratamento 6.

Silveira et al. (2014) avaliaram a produção de biogás através de mini-biodigestores feitos de garrafas PET abastecidos com cama de aviário para simular o aproveitamento de dejetos provenientes da avicultura. Utilizaram três tratamentos variando a quantidade de água (90, 80 e 70%), concluindo que o tratamento com 70% de água e 30% de esterco de ave, apresentou melhor desempenho na produção de biogás (6353,3 mL).

No entanto, segundo Shah et al., (2014), a fonte de inóculo afeta a quantidade de produção de biogás e também influencia na velocidade do processo de biodigestão anaeróbia. Assim, pretende-se em trabalhos posteriores comparar inóculos para verificar possíveis diferenças na produção de biogás.

CONCLUSÕES

Conclui-se que a biodigestão anaeróbia é indicada para o tratamento da cama de aviário, pois a mesma apesar do alto teor de celulose se apresentou biodegradável e com potencial de produção de biogás.

Observou-se a existência de uma correlação positiva entre a produção de biogás e os percentuais de inóculo testadas, sendo indicada a adição de inóculo na biodigestão anaeróbia da cama de aviário, pois contribuiu positivamente para a produção de biogás, uma vez que, o tratamento sem adição de inóculo apresentou a pior média de produção comparada com os demais tratamentos.

O tratamento com 15% de inóculo apresentou a melhor média de produção de biogás comparado com os demais tratamentos. Contudo recomenda-se a utilização de uma maior quantidade de inóculo, ou seja, 20 ou 30% de inóculo; pois estes percentuais produziram uma quantidade razoável e próxima ao tratamento 3, sendo viáveis por utilizarem maiores volumes de biofertilizante suíno, representando assim uma destinação alternativa para o mesmo além da aplicação no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Agrícola, à CAPES e a Fundação Araucária, pelas bolsas de Mestrado e Iniciação Científica.

REFERÊNCIAS

AIRES, A. M.; LUCAS JÚNIOR, J.; PRAES, M. F. M.; NASCIMENTO, J.; CARDOSO, P. Quantificação e caracterização de biogás gerado na biodigestão anaeróbia de cama de frangos de corte com ou sem separação de frações sólida e líquida. **III Symposium on Agricultural and Agroindustrial Waste Management**. São Pedro - SP, 2013.

APHA . **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th ed. Washinton, DC – EUA: Ed. American Public Health Association, 2005. 1600 p.

CATARINO, R.P.; GONZÁLEZ, A.P.N.; OLIVEIRA, L.R.P. Otimização da produção de metano na biodigestão da cama-de-frango. **I Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos de Animais Geração de Energia a partir de Resíduos Animais**. Florianópolis – SC, 2009.

CHEN, Y.; CHENG, J.J.; CREAME, K.S. Inhibition of anaerobic digestion process: A review. **Bioresource Technology**, v. 99, p. 4044-4064, 2008.

CHINELLATO, G; CAVINATO, C; BOLZONELLA, D; HEAVEN, S; BANKS, C. J. Biohydrogen production from food waste in batch and semi-continuous conditions: Evaluation of a two-phase approach with digestate recirculation for pH control. **International Journal of Hydrogen Energy**, v 38, p. 4351- 4360, 2013.

KUNZ, A.; OLIVEIRA, P.A.V. Aproveitamento de dejetos de animais para geração de biogás. **Revista de Política Agrícola**. Ano XV, n.3, Jul./Ago./Set., 2006.

PALHARES, J. C. P. **Uso de biodigestores para o tratamento da cama de frango: conceitos importantes para a produção de biogás**. 7 p., 2005. Disponível em < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/quali1_000gafw0pal02wx5ok047vs6l6f6sqbt.pdf >

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), 15 ed., Piracicaba, 2009.

SANCHEZ, R. J.; CORTACANS TORRE, J. A., GONZALEZ, C. I. Influence of Temperature, Agitation, Sludge Concentration and Solids Retention Time on Primary Sludge Fermentation. **International Journal of Chemical Engineering**. p.8, 2012.

SHAH, F. A.; MAHMOOD, Q.; SHAH, M. M.; PERVEZ, A.; ASAD, S. A. Microbial Ecology of Anaerobic Digesters: The Key Players of Anaerobiosis. **International Journal of Chemical Engineering**. p.21, 2014.

SILVEIRA, M.A.; KRETZER, S. G.; NAGAOKA, A. K.; ARROYO, N. A. R.; BAUER, F.C. Produção de biogás em biodigestores de tamanho reduzido abastecido com cama de aviário. **Acta Tecnológica**. v.9, n.2, p.9-15, 2014.

SINDIVIAPAR. **Revista Avicultura do Paraná**. 44ed – Janeiro/Fevereiro, 2015.

SUZUKI, A.B.P. et al. Utilização de manipueira juntamente com sólidos da cama de aviário em biodigestores para geração de biogás. **Ambiência**, Guarapuava- PR, 2012.

XAVIER, CRISTIANE DE A. N.; LUCAS JÚNIOR, J. Parâmetros de dimensionamento para biodigestores batelada operados com dejetos de vacas leiteiras com e sem uso de inóculo. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal -SP, v.30, n.2, p.212-223, 2010.

YETILMEZSOY, K. Integration of kinetic modeling and desirability function approach for multi-objective optimization of UASB reactor treating poultry manure wastewater. **Bioresource Technology**, v. 118, p. 89-101, 2012.