

## **PROPOSTA PARA AUTOMAÇÃO DE BIODIGESTORES RURAIS VISANDO MAIOR SEGURANÇA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SUA IMPLANTAÇÃO**

**CESAR DA COSTA<sup>1\*</sup>, THIAGO CARLOS DE OLIVEIRA<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dr. Pesquisador CNPq, IFSP- Instituto Federal de São Paulo-SP, ccosta@ifsp.edu.br

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia de Controle e Automação, IFSP - Instituto Federal de, São Paulo-SP, @hotmail.com

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016  
29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil

**RESUMO:** O biogás é resultante da decomposição controlada do lixo doméstico, feita em aterros sanitários, ou da decomposição do esterco de gado em recipientes especiais conhecidos como biodigestores. O biogás é um gás leve e de baixa densidade. Mais leve do que o ar, contrariamente ao butano e ao propano, ele suscita menores riscos de explosão na medida em que a sua acumulação se torna mais difícil. Este trabalho apresenta uma proposta para a implementação de um sistema de automação de gasodutos em pequenas usinas de biogás, a partir do controle da vazão e da pressão. Para validar a proposta apresentada neste trabalho, foi implementado um protótipo de sistema de controle, baseado em Controlador Lógico Programável – CLP, medidores de vazão e pressão, ligados em rede de comunicação Modbus, conectado a um sistema de supervisão e controle, instalado em um microcomputador PC.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodigestores, Controlador lógico programável, Sistema de supervisão e controle.

### **PROPOSAL FOR AUTOMATION BIODIGESTERS RURAL AIMING HIGHER SAFETY AND ENERGY EFFICIENCY IN THEIR DEPLOYMENT**

**ABSTRACT:** The biogas results from the controlled decomposition of household waste, made in landfills or cattle manure decomposition in special containers known as digesters. Biogas is a lightweight, low-density gas. Lighter than air, unlike butane and propane, he raises lower explosion risks in that its accumulation becomes more difficult. This paper presents a proposal for the implementation of a pipeline automation system in small plants of biogas, from the control of flow and pressure. To validate the proposal presented in this work was implemented a control system prototype, based on Programmable Logic Controller - PLC, flow and pressure gauges, connected in Modbus communication network, connected to a monitoring and control system, installed on a PC microcomputer.

**KEYWORDS:** Biodigesters, Programmable Logic Controller, System supervision and control.

### **INTRODUÇÃO**

Toda matéria orgânica, como restos agrícolas, esterco ou lixo, sofre decomposição por bactérias microscópicas. Durante o processo, as bactérias retiram dessa biomassa aquilo que necessitam para sua sobrevivência, lançando gases e calor na atmosfera. O biogás é resultante da decomposição controlada do lixo doméstico, feita em aterros sanitários, ou da decomposição do esterco de gado em recipientes especiais conhecidos como biodigestores. O esgoto das nossas cidades, recolhido às estações de tratamento, também é uma fonte de biogás, que pode ser utilizado para movimentar ônibus e caminhões, ou para produzir eletricidade e calor em co-geradores (Gaspar, 2003; Kunz et al, 2004).

Uma política de geração e aproveitamento do biogás possibilitará a regularização de milhares de lixões que existem no País. Isso porque, para operá-los de maneira controlada, seria necessário investir em infraestrutura, drenagem, segurança e mão-de-obra especializada. Do mesmo modo, o esgoto, que atualmente é jogado em córregos e valas, teria de ser canalizado para estações de

tratamento, resultando em ganhos ambientais, sociais e de saúde pública. A boa notícia é que já contamos com aterros sanitários funcionando regularmente e gerando biogás de lixo em cidades como Salvador, São Paulo, Rio de Janeiro e Goiânia. Outra iniciativa muito importante seria estimular a adoção de biodigestores em áreas rurais, gerando gás de cozinha a partir do estrume bovino ou suíno, como já acontece em milhões de residências na China e Índia (Lucas Júnior, 1987; Ortolani et al, 1991).

O Biodigestor realiza um processo conhecido há muito tempo, a biodigestão anaeróbia (Deublein et al, 2011). A produção de biogás para a conversão em energia de cozimento, iluminação e como biofertilizante é muito popular nos países asiáticos, a exemplo da China e Índia. Mas também, já é considerável o interesse pelo biogás em todo o mundo, pois o processo é de grande valor, especialmente para os países do Terceiro Mundo (Deublein et al, 2011). A tecnologia atual disponível oferece suporte para o desenvolvimento de sistemas de automação de gasodutos de pequeno porte (biodigestores), controlando principalmente a vazão e a pressão do gás produzido. Os sistemas baseados em controladores lógicos programáveis – CLP's, softwares de supervisão e controle, instrumentação microprocessada e outras tecnologias de comunicação em rede, permitem que a geração, distribuição e medição de gás possam ser realizadas remotamente, dispensando não só a intervenção humana, como também possibilitando, uma gestão energética otimizada.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Atribui-se o nome de Biogás (também conhecido como gás dos pântanos) à mistura gasosa, combustível, resultante da fermentação anaeróbica da matéria orgânica (decomposição de matérias orgânicas, em meio anaeróbio, por bactérias denominadas metano gênicas). A proporção de cada gás na mistura depende de vários parâmetros, como o tipo de digestor e o substrato a digerir. De qualquer forma, esta mistura é essencialmente constituída por metano (CH<sub>4</sub>), com valores médios na ordem de 55 a 65%, e por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) com aproximadamente 35 a 45% de sua composição. Estando o seu poder calorífico diretamente relacionado com a quantidade de metano existente na mistura gasosa (Saravanan & Sreekrishnan, 2006). O biogás pode ser utilizado de várias formas:

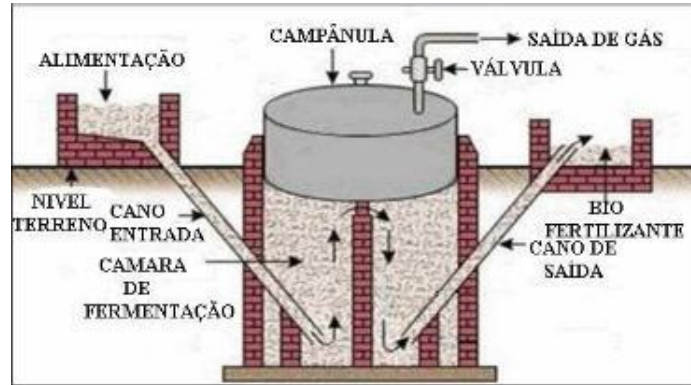
- ◆ Funcionamento de motores, geradores, moto picadeiras, resfriadores de leite, aquecedor de água, geladeira, fogão, lampião, lança-chamas;
- ◆ Substituição do gás liquefeito de petróleo na cozinha.

Nas propriedades agrícolas, o biogás pode ser produzido em aparelhos simples chamados biodigestores. Os resíduos que sobram em um biodigestor agrícola ainda podem ser utilizados como fertilizante.

### **A. Biodigestores**

O biodigestor realiza um processo conhecido há muito tempo, a biodigestão anaeróbia. A produção de biogás para a conversão em energia de cozimento, iluminação e como biofertilizante é muito popular nos países asiáticos, a exemplo da China e Índia. Mas também, já é considerável o interesse pelo biogás em todo o mundo, pois o processo é de grande valor, especialmente para os países do Terceiro Mundo (Gaspar, 2003). O biodigestor anaeróbico é um sistema destinado à produção de biogás, principalmente o metano, através do tratamento de esgoto sem a utilização de produtos químicos. Durante o processo, a matéria orgânica contida no esgoto é digerida pelas bactérias, que atuam na falta de oxigênio (por isso é chamado de anaeróbico). Esta digestão realizada pelas bactérias produz o biogás que pode ser transformado em energia. Nas décadas de 70 e 80, aumentou-se muito o interesse pelo biogás no Brasil, em especial pelos suinocultores. Alguns programas do governo estimularam a implantação de muitos biodigestores focados principalmente, na geração de energia e na produção biofertilizante e diminuição do impacto ambiental. A Figura 1 ilustra um biodigestor rural (Lucas Junior, 1987).

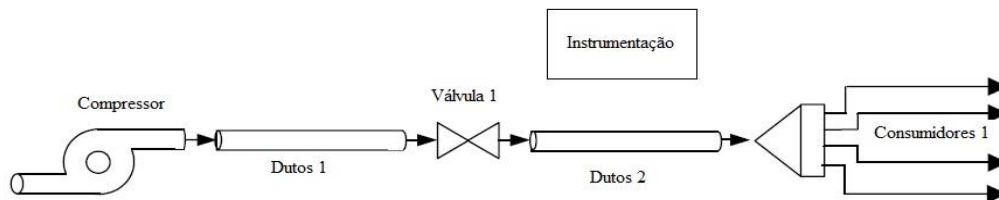
Figura 1. Biodigestor Indiano.



Fonte: Lucas Junior, 1987.

Para fins de estudo, o exemplo utilizado neste trabalho, caracteriza-se por ser um segmento de uma rede de distribuição de biogás em biodigestores, independentemente do tipo de biodigestor utilizado. A Figura 2 ilustra a representação esquemática do segmento de estudo.

Figura 2. Representação esquemática do segmento de estudo.



## B. Sistema de Automação Proposto

O controle das características de pressão e vazão de uma linha de gasoduto é uma tarefa que exige um complexo sistema de aquisição e monitoramento dos dados, efetuando medições das variáveis, análises e atuações automáticas nos atuadores e máquinas primárias da rede (compressor). Pelo trecho da linha de dutos estudado existem três estações que realizam as funções necessárias para o transporte de gás, integrando a ação dos componentes vistos na Figura 2 (Macias, 2004). Existem basicamente três tipos de estações:

- ♦ Estação de compressão: provida de um compressor, acionador e válvulas que compensam as perdas de cargas do gás, promovendo o aumento da pressão do fluido.
- ♦ Estação de Medição: possuem medidores que medem os valores das variáveis para análises e cálculos diversos.
- ♦ Estação de entrega: permite a entrega ao consumo do gás transportado. É dotada de válvulas que permitem a redução de pressão a níveis específicos de operação.

## C. Modelagem Matemática

Por meio do programa MATLAB/SIMULINK foi possível à construção de um modelo, que representasse a dinâmica de um sistema de controle proporcional e integral, aplicada por um controlador CLP de forma discreta, ao sistema do compressor e da turbina. Neste caso, a metodologia usada para a simulação foi à aplicação da Eq.1 de *head* termodinâmico, porém aplicada de forma referenciada a um sistema adiabático. O diagrama de blocos do software SIMULINK representativo do sistema proposto de controle é apresentado na Figura 3.

$$H_p = \frac{n}{n-1} \cdot Z \cdot R_e \cdot T \cdot \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{n-1}{n}} \quad (1)$$

Em que:

$H_p$  = Head politrópico;

$n$  = Expoente politrópico da compressão;

$Z$  = Fator de compressibilidade;

$R_e$  = Número de Reynolds;

$T$  = Temperatura média do gás;

$P_1$  = Pressão na entrada;

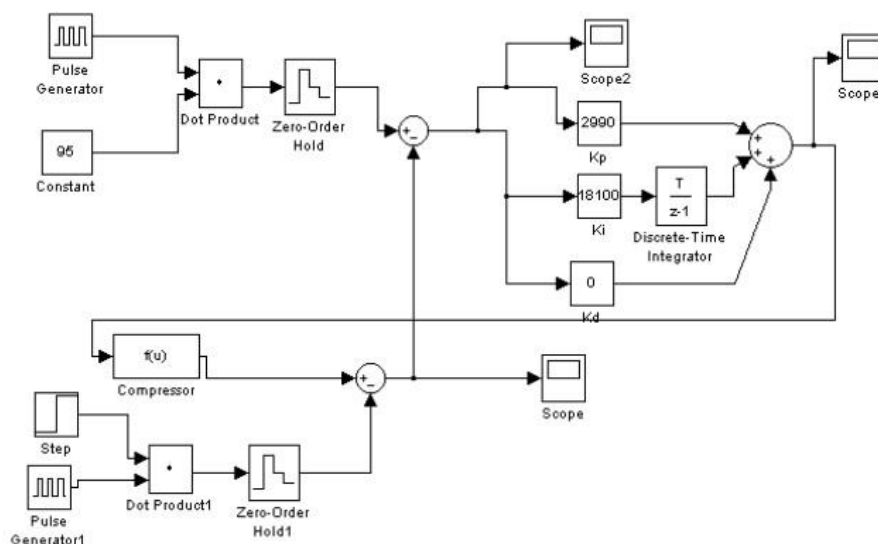
$P_2$  = Pressão na saída.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realização dos ensaios práticos deste trabalho foram utilizados os recursos disponíveis na Planta de Eficiência Energética, localizada no IFSP - Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus São Paulo, ilustrado na Figura 4.

Toda a planta de simulação do Biodigestor é supervisionada e controlada pelo microcomputador PC, onde está instalado o Sistema Supervisório, baseado no software Indusoft Web Studio 6.1. Para a realização do ensaio com o compressor centrífugo, foram definidos alguns procedimentos para obtenção dos resultados, simulando, assim, possíveis ocorrências num biodigestor rural. Simularam-se as condições de funcionamento do biodigestor e suas tubulações, em condições normais e de vazamento. Na simulação, foi tomado que a variável de controle seria a pressão de descarga do compressor, segundo o modelo matemático desenvolvido. Além disso, as condições de vazão volumétrica de sucção, pressão de entrada, características do gás ou temperatura de entrada foram fixadas utilizando valores reais, obtidos em visita técnica, a usina São João Energia Ambiental – Biogás, em Sapopemba, São Paulo. Onde pode-se coletar as informações em campo.

Figura 3. Diagrama em bloco do modelo desenvolvido para simulação do controle do biodigestor.



## CONCLUSÕES

Os resultados dos testes permitiram comparar os dados adquiridos em duas situações propostas, primeiro do compressor funcionando sem simulação de vazamentos na tubulação, segunda o compressor funcionando com simulação de vazamentos na tubulação. Dessa forma, utilizando os

recursos disponíveis no laboratório de eficiência energética do IFSP, conseguiu-se monitorar e acumular algumas grandezas elétricas e físicas em um banco de dados para análise posterior. O trabalho mostrou a viabilidade da automação de gasodutos, em biodigestores rurais, a partir do controle da vazão e da pressão do gás gerado.

Figura 4. Planta de Eficiência Energética instalada no Campus São Paulo do IFSP-Instituto Federal de São Paulo.



## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq/IFSP pela concessão de bolsa de pesquisa ao segundo autor.

## REFERÊNCIAS

- Deublein, D.; Steinhauser, A. A biogas from waste and renewable resources – An introduction. Segunda edição, Wiley-VCH, 2011.
- Gaspar, R. M. A. L. Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor: um estudo de caso na região de Toledo – Paraná. Dissertação de mestrado, Engenharia de Produção, UFSC, 119p, 2003.
- Saravanan, V., Sreekrishnan, T. R. Modeling anaerobic bio film reactors – A review. Journal of Environmental Management, V.8, pp 1-18, 2006.
- Macias, I. B. Detecção de vazamentos em tubulações transportando gás. Dissertação de Mestrado, Universidade de Campinas, 2004.
- Lucas Junior, J. Estudo comparativo de biodigestores modelos indianos e chineses. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, 1987.
- Benincasa, M.; Ortolani, A.F.; Lucas Junior, J. Biodigestores convencionais. Jaboticabal, FUNEP, 1991. 25p.
- Kunz, A.; Perdomo, C. C.; Oliveira, P. A. V. Biodigestores: avanços e retrocessos. Suinocultura Industrial, v.26, n.4, 2004.
- Ortolani, A.F.; Benincasa, M.; Lucas Junior, J. Biodigestores rurais: modelos Indiano, Chinês e Batelada. Jaboticabal, FUNEP, 1991. 3p.