



Planta para compressão e tratamento de biometano

José de Souza¹, Antonio Pereira Borba², Márcio Luiz Cardoso³, Mário Augusto Alexandre Coelho⁴, Lirio Schaeffer⁵

¹Faculdades Integradas de Taquara (FACCAT) (josesouza@liberato.com.br)

²PPGE3M / Ldtm / UFRGS (antonio.p.borba@gmail.com)

³Faculdades Integradas de Taquara (FACCAT) (marcio.cardoso@aluno.faccat.br)

⁴PPGE3M / Ldtm / UFRGS (mariocoelho@ecoterra-bio.com.br)

⁵PPGE3M / Ldtm / UFRGS (schaefer@ufrgs.br)

Resumo

Através deste estudo efetuou-se uma pesquisa sobre recursos tecnológicos necessários para a montagem de um sistema de compressão para biometano. Visando relacionar a necessidade atual de tecnologias que viabilizem o empreendimento de usinas de biogás e técnicas disponíveis, verificou-se a possibilidade de construção de uma planta de compressão de biometano. Este artigo tem como objetivo principal modelar tridimensionalmente a estação para compressão, analisar os processos envolvidos e avaliar um modelo de um sistema que possibilita envasar biometano. Verificou-se durante o processo de modelagem a possibilidade de desenvolvimento de um sistema eficiente e que utiliza o próprio biometano como combustível para abastecimento de motores e equipamentos.

Palavras-chave: Biometano, Compressão de biometano, Biocombustíveis.

Área Temática: Tema 10 – Biocombustíveis.

Abstract

Through this study we performed a search about technological resources necessary to assemble a compression system for biometano. Aiming to relate the current need for technologies that enable the investment in biogas plants and available techniques, we verified the possibility of building a biomethane compression plant. The main object of this paper is to model three-dimensionally the compression station, to analyze the involved processes and to assess a system model that enables the bottling of biomethane. During the modeling process we verified the possibility of developing an efficient system that uses the biomethane itself as a fuel to supply engines and equipment.

Key words: Biomethane, Compression, Biofuels.

Theme Area: Theme 10: Biofuels.



1 Introdução

Os biocombustíveis desempenham um papel fundamental no desenvolvimento e na busca por sustentabilidade. Os setores econômicos e energéticos no País e no mundo estão concentrando investimentos em tecnologias para produção de biocombustíveis. Muitos esforços têm sido empregados no meio acadêmico-científico para a geração de conhecimento e de novas tecnologias que promovam as formas de energias renováveis. O desenvolvimento de tecnologias e equipamentos é imprescindível para a utilização destes recursos limpos e renováveis. Sem estes recursos tecnológicos a geração de eficiente energia é praticamente inviável.

O biometano é um dos componentes deste grupo de combustíveis, uma vez que é proveniente de matéria orgânica degradada. Além deste aspecto, “limpo”, o biometano pode ser obtido de matéria orgânica com alta demanda química de oxigênio como esgotos cloacais e resíduos orgânicos urbanos. A utilização deste gás requer equipamentos e compressores especiais, sem os quais não é possível obter a conversão da energia térmica em mecânica (Kapdi et al., 2005).

Um ponto a ser considerado em um sistema de compressão de biometano é a necessidade de combustível para ser utilizado em motores de compressores, filtragem, bombeamento, iluminação, entre outros. Considerando-se esta situação avaliaram-se as possibilidades de utilizar o próprio biocombustível para utilização na planta.

O biometano é formado em sua maior parte de metano, assim como o GNV (Gás Natural Veicular) e por isso mesmo pode substituir o combustível veicular sem prejuízo no potencial energético e sem grandes modificações necessárias nos equipamentos. O GNV também depende de compressão para ser armazenado em cilindros. Sem estes não existe a possibilidade de ser utilizado em veículos automotores. Assim como esta a maioria das aplicações onde é possível a utilização deste gás é necessário comprimí-lo a baixas, médias e altas pressões que podem ir de 30 a 240bar (Rutz & Rainer, 2008).

O biometano é um biocombustível que pode substituir em parte os combustíveis fósseis, pois tem grande potencial de utilização e para tanto é necessário que se desenvolvam tecnologias para utilização eficiente deste (Handbook on Biogas Utilization, 1990). Poderá também ser utilizado em sistemas de refrigeração industrial, equipamentos de têmpera, revenimento, recozimento de aços e outros tratamentos térmicos, fogões e fornos industriais, aquecimento, climatização, combustível agrícola, motores a combustão interna, turbinas, etc. Além disso poderá sofrer reforma para produção de Hidrogênio (H) excelente combustível para células especiais.

Este artigo tem como objetivo dimensionar e modelar uma estação para compressão de biometano, analisar os processos envolvidos na produção e avaliar um modelo de um sistema movido com o próprio biocombustível.

Sendo a compressão do biometano necessária para a sua utilização e tendo-se um grande volume de produção do mesmo é imprescindível que se utilize parte deste combustível para comprimí-lo. Para isso devem ser utilizados motores a biogás ou biometano que possam ser instalados em sistemas de baixa pressão e acoplados aos compressores. Dessa forma utiliza-se uma pequena parte do gás o que torna esse sistema inovador e com um enorme diferencial.

Por fim verificou-se que para a construção de um sistema viável é necessário considerar tecnologias existentes no mercado nacional e internacional. Motores e compressores já são encontrados no mercado para utilização em plantas de compressão, no entanto a experimentação e produção ainda são incomuns até os dias atuais.

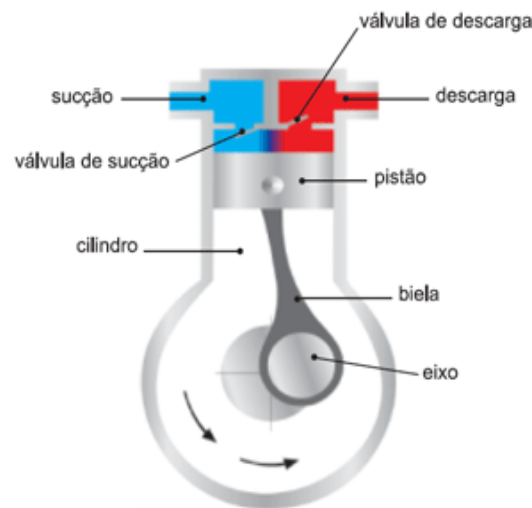


2 Tecnologias aplicadas à compressão de biometano

2.1 Compressores

O compressor é um equipamento destinado a aumentar a pressão de um fluido gasoso (ar, hidrogênio, vapores etc). Esse dispositivo converte a energia mecânica em pneumática encerrando o gás em um reservatório que é usado no cilindro de compressão. O compressor pode ser movido através de um motor geralmente elétrico. Existem vários tipos de compressores, tendo como principais 2 tipos, definidos a partir do seu modo de operação: de deslocamento positivo (compressores de pistão e de parafuso), que são subdivididos em alternativos e rotativos, e compressores de palhetas (ou dinâmicos), que também são subdivididos em centrífugos ou axiais. Nos compressores alternativos a compressão é feita em uma câmara que varia o volume através de um pistão que movimenta comprimindo o gás. Uma válvula permite que o gás escape com uma pressão constante e outra permite que preencha a câmara à medida que o pistão se movimenta.

Figura 1 – Compressores de pistão.



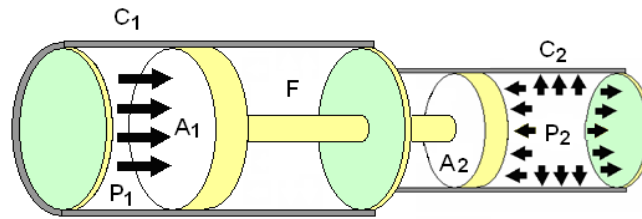
Os compressores óleo-dinâmicos comprimem o gás por meio de um fluido (óleo hidráulico) incompressível que ocupava a câmara de compressão reduzindo o espaço disponível para o gás e causando a compressão. Esta tecnologia, embora eficaz para que se alcance elevadas pressões, como no caso do gás veicular, mostram-se pouco eficientes e apresentam altos índices de contaminação do gás pelo óleo de compressão (Souza, 2010).

Os compressores alternativos a pistão utilizam óleo como lubrificante o que também pode contaminar o gás. Algumas tecnologias admitem o uso de anéis de segmento de material com baixo coeficiente de atrito e buchas especiais. Uma composição de conceitos também é possível, com o uso de lubrificantes e componentes especiais. A estrutura de compressão destes é essencialmente metálica. A câmara de compressão é composta de uma liga, geralmente aço ou alumínio. Estes compressores são na maioria dos casos propulsores por motores elétricos e tracionados por transmissões de polias e correias. A utilização da energia elétrica é considerada quando da possibilidade de se utilizar uma fonte local, como o próprio biometano ou biogás.

Booster é uma bomba compressora que tem a função de amplificar a pressão de um determinado gás. Pode ser acionado pneumaticamente, através da relação de Pascal (área do êmbolo e força exercida pelo pistão), onde multiplica a pressão pneumática em função da redução de uma das duas câmaras relacionadas (Figura 2) (Brown, 2003).



Figura 2 – Multiplicação da pressão através do princípio de Pascal (Souza, 2010).



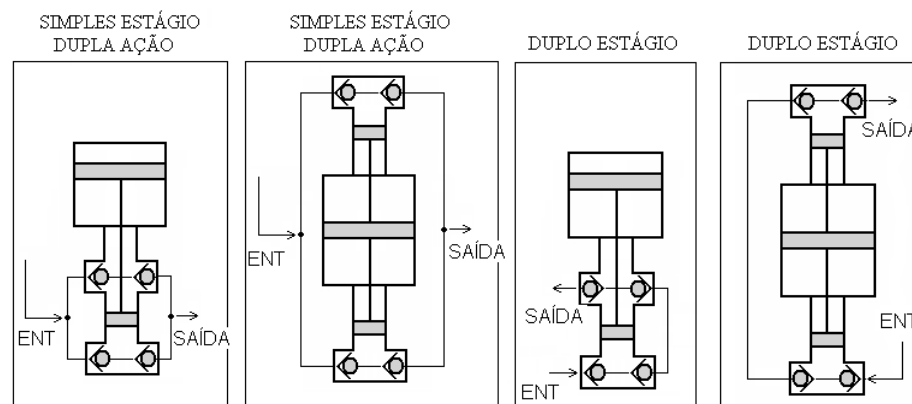
O circuito mantém a força resultante da pressão na câmara C_1 , a transmissão da força para uma área menor faz com que ocorra a multiplicação da pressão, pois:

$$F = P_1 \times A_1 = P_2 \times A_2 \quad (1)$$

Assim sendo, se $A_1 < A_2$, então $P_1 < P_2$, com isso a pressão P_2 aumenta. Alguns fabricantes dessas bombas constroem variados tamanhos de acordo com pressão e vazão, modelos com pressões para faixas entre 1.000, 5.000, 10.000 e 15.000 PSI e bombas maiores para até 75.000 PSI, podendo atender pressões até 150.000 PSI ou mais em casos especiais. As bombas podem ser acionadas por ar comprimido, nitrogênio ou manualmente. Existem os mais variados tipos de boosteres, de simples ou dupla ação, de simples ou duplo estágio. Esses equipamentos não necessitam de combustão, operam sem qualquer aquecimento, chama ou risco de fiação, não requerem lubrificação contínua, mantêm a pressão sem qualquer consumo extra de energia, tem fácil controle de subida de pressão, fácil aplicação com controles automáticos. Os boosteres para gases consistem numa larga área de ar motor, acoplado diretamente por uma haste, conectando à área do gás, que é menor (Gas Booster Catalog, 2006).

A seção de ar motor incluiu um carretel de ciclagem e uma válvula piloto que garante uma ação recíproca enquanto houver suprimento de ar comprimido. Selos dinâmicos fazem a vedação entre a seção de ar motor e a câmara de compressão de gás. O resfriamento é feito através da canalização da exaustão do ar motor, que é gelado, com uma jaqueta em volta da camisa do gás. Na sequência verificam-se os tipos diferentes de bombas tipo booster quanto a ação ou estágio. A ação depende da compressão, quando esta ocorre no avanço do cilindro é denominado simples ação, ou ainda no avanço e retorno sendo denominada dupla ação. Já o estágio refere-se ao conjunto haste êmbolo, sendo denominado simples estágio quando a compressão ocorre em um dos lados e duplo estágio quando a compressão ocorre nos dois lados conforme figura 3.

Figura 3 – Modelos de bombas tipo booster.





2.2 Motores à biogás e biometano

O funcionamento dos motores a gás obedece aos princípios dos motores diesel e gasolina (Zareh, 1998). Verificamos a aplicação dos motores diesel ou a gasolina em equipamentos e veículos que são convertidos para funcionar com gás, o maior exemplo são os veículos automotores transformados de gasolina para GNV. A transformação para gás constitui-se basicamente em modificações nos sistemas de alimentação e de ignição, bem como taxa de compressão. Os motores a gás, de ignição por centelha, possuem uma eficiência volumétrica menor que o equivalente motor que se utiliza dos combustíveis fósseis, porque quando ocorre a adição de gás reduz o volume de ar aspirado. Contudo, essa menor eficiência volumétrica é, geralmente, compensada pelo fato de que os motores a gás conseguem funcionar com taxas de compressão elevadas, entre 12-13:1 (Souza et al., 2007). Isto é possível porque o poder antidetonante do gás está ligado ao volume de metano, ou seja, quanto maior a quantidade de metano maior será a resistência à detonação. Ensaio realizado com motor Honda 270cm³, alimentado com biogás bruto e mantidos o ponto de ignição e a taxa de compressão da gasolina, as curvas de torque e potência tiveram um decréscimo de 50% em relação ao combustível original (Muños et al., 2000). Pesquisas mostram que a melhor taxa de compressão é de 13:1, por atender a todas as misturas que compõe o biogás (Huanga & Crookes, 1998).

2.3 Filtragem e tratamento, conversão de biogás em biometano

A remoção de dióxido de carbono (CO₂) ou de qualquer outro gás por absorção é uma operação unitária, na qual um componente de uma mistura é dissolvido num líquido. A operação pode envolver reações químicas ou ser essencialmente física. Dentre os métodos químicos estão: absorção em carbonato de potássio (K₂CO₃), hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂), hidróxido de sódio (NaOH), TGN (Tufo Giallo Sistema de remoção de CO₂ Napoletano), entre outros (Magalhães et al., 2004).

Dentre os métodos físicos destacam-se: os crivos moleculares, a separação por membranas e em colunas absorção, sendo que os métodos físicos são os mais conhecidos e utilizados, devido à fácil regeneração dos componentes utilizados para absorção, diferentemente dos métodos químicos (Horikawa, et al., 2004).

As colunas recheadas muito utilizadas nos processos de separação de gases por absorção são colocadas de forma a forçar a passagem do gás. É um dispositivo relativamente simples, onde essas colunas consistem em um casco cilíndrico, uma placa perfurada para suporte do recheio e distribuição do solvente. O funcionamento da coluna geralmente é contracorrente, pois, o soluto (gás) entra na parte inferior da coluna, enquanto o solvente entra na parte superior, estabelecendo um contato líquido/gás numa direção contracorrente. O recheio é o principal componente da coluna recheada, cuja função é promover uma maior superfície de contato entre o líquido e o gás, aumentando a taxa de absorção do sistema. Existem diversos tipos de recheios, os quais apresentam um fator importante no custo de construção da coluna, sendo que as colunas com diâmetros acima de 60 cm são inviáveis quando recheadas. Os recheios são colocados nas colunas ao acaso ou ordenados, sendo constituídos de materiais como: cerâmicas, carbono, aço e polietileno (Horikawa, 2001).

No processo de purificação do biogás e conversão deste para biometano retira-se o dióxido de carbono (CO₂) até que a porcentagem de metano fique próxima a do gás natural, para que possa ser utilizado nos mesmos usos finais. Conforme Portaria 128, de 28 de agosto de 2001 da ANP (Agência Nacional do Petróleo), a porcentagem mínima de metano (CH₄) no gás natural deve ser de 68% e dióxido de carbono máximo de 18% para a região Norte, enquanto para as demais regiões a porcentagem mínima de metano deve ser de 86% e máxima de dióxido de carbono de 5%. Essa diferença de concentração de metano para as regiões é



devido ao fato de que o gás natural da região Norte não se destina à veículos, caso a destinação seja veicular, as porcentagens devem seguir as demais regiões.

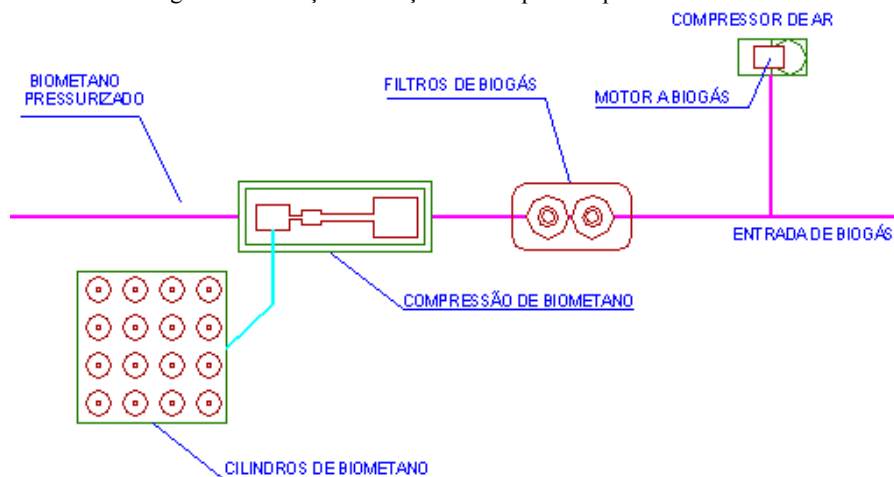
Existem diversos solventes que podem ser utilizados. Em se tratando de solubilidade, o polietileno glicol (PEG) vem sendo utilizado devido à alta solubilidade do dióxido de carbono e do ácido sulfídrico (H_2S), este último também presente no biogás em baixas concentrações. Quando o fator a ser analisado é o custo do solvente em processos de remoção de dióxido de carbono, a água consiste num dos melhores produtos. O dióxido de carbono e o ácido sulfídrico são solúveis em água e esta pode ser encontrada abundantemente, possuindo um custo bastante reduzido (Magalhães, et al., 2004).

Sendo o biometano um ótimo combustível devido a grande quantidade de metano (68%) torna viável sua utilização em muitos casos. Por outro lado a queima do biogás sem a filtragem do ácido sulfídrico pode causar sérios danos ao meio ambiente. Na queima do biogás sem remoção do ácido sulfídrico ocorre a formação do dióxido de enxofre (SO_2), causador da chuva ácida. A maioria dos biodigestores produz um biogás que contém entre 0,3 a 3% de ácido sulfídrico que pode ser eliminado por um filtro composto de óxido de ferro. Em processos de filtragem do ácido sulfídrico a grande vantagem é a transformação deste em apenas enxofre que pode ser reutilizado (O'Brien, 1991). A filtragem do dióxido de carbono e do ácido sulfídrico, entre outros componentes, é necessária para a utilização eficiente, aumento do poder calorífico, concentração de metano e não agressão às partes metálicas de motores e equipamentos de queima (Rutz & Rainer, 2007).

3 Planta de compressão e tratamento

O biogás produzido em um conjunto de biorreatores, usina, pode ser canalizado através de dutos de liga metálica, 316L, aço duplex, ou ainda de composição polimérica como o polietileno de alta densidade (PEAD) para uma estação de compressão. Em seguida passa por uma filtragem para redução de gases e elementos indesejados transformando o biogás em biometano. Parte do biogás é utilizada pelos motores nos compressores. O biometano obtido é então comprimido para ser estocado em cilindros e, ou utilizado em motores, turbinas, etc. Abaixo na figura 4 se tem um esboço da planta baixa da estação de compressão de biometano.

Figura 4 – Esboço da estação de compressão para biometano.



O biogás entra no sistema de compressão e uma pequena parte é utilizada pelo sistema de compressores. Com a filtragem a composição do biogás se altera havendo, a partir de então, uma maior concentração de biometano. Em seguida, esta nova composição, agora denominada de biometano, passa pelo sistema de compressão que o pressuriza para o

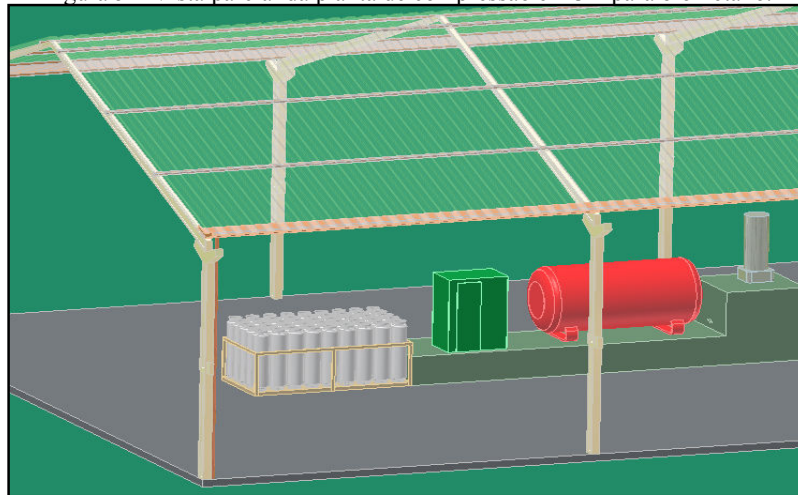


enchimento dos cilindros, para ser conduzido por meio de dutos para pontos de estocagem ou ainda transmissão a grandes distâncias. O biometano pode também ser armazenado em gasômetros maiores ou bombeado através de gasodutos por grandes distâncias (Technical Guidance for Biofuels, 2008).

Para a compressão desta produção de biogás projetou-se um sistema com capacidade de compressão até 3500 PSI, o que proporciona a utilização deste combustível como GNV (Gás Natural Veicular).

A verificação da configuração e exterioridade foi realizada através da modelagem do projeto tridimensional para simulação do funcionamento e operação da planta de compressão. Em seguida foram indicadas as alterações e avaliações a serem completadas em um segundo momento.

Figura 5 – Vista parcial da planta de compressão em 3D para biometano.



4 Conclusões

Estações de compressão são instrumentos tecnológicos que viabilizam a utilização descentralizada do biometano. Com a compressão deste biocombustível viabiliza-se o envase e o transporte. Isso viabiliza a utilização do biocombustível em lugares distantes dos meios produtivos. Biorreatores e usinas de biometano por si só não viabilizam a utilização do gás em lugares afastados da produção.

A compressão, bem como o tratamento do biometano é o primeiro passo para a ampliação da utilização deste biocombustível e a comercialização do mesmo. Esta tecnologia poderá contribuir no aumento e consumo de biometano de forma a cooperar com ações tomadas para incremento da parcela de biocombustíveis na matriz energética brasileira.

Referências

ANP (AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO) – PORTA RIA Nº 128, DE 28 DE AGOSTO DE 2001 - Regulamento Técnico ANP nº 3/2001 que estabelece a especificação do gás natural, de origem nacional ou importado, a ser comercializado no País. PANP 128/2001.

BROWN, A. – **Increasing the life efficiency of oil and gas pumps** – WORLD PUMPS www.worldpumps.com Arc Energy Resources, Unit 12 Eastington Industrial Estate Meadow Mill, Eastington, Glos GL10 3RZ, UK October – 2003.

GAS BOOSTER CATALOG, Haskel Energy Systems, Ltd – www.haskel.com – Sunderland England, UK. Hidraulik and Pneumatic Engineering. 2006.



HANDBOOK ON BIOGAS UTILIZATION - Published for U. S. Department of Energy Southeastern Regional Biomass Energy Program Tennessee Valley Authority Muscle Shoals, Alabama 35660 - Research institute Georgia institute of Technology Atlanta, Georgia 30332 – February – 1990.

HORIKAWA, M. S., ROSSI, F., GIMENES, M.L., COSTA, C. M. M., SILVA, M. G. C. – **Chemical Absorption of H₂S For Biogas Purification** – Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol. 21, No. 03, pp. 415 - 422, July – September, 2004.

HORIKAWA, M. S. – **Purificação de Biogás – Remoção de H₂S** – Dissertação de Mestrado – PEQ, Universidade Estadual de Maringá, 2001.

HUANGA, J. & CROOKES, R. J – **Assessment of Simuled Biogas as a Fuel for the Spark Ignition Engine.** Fuel Vol.77, nº 15, pp. 1793-1801. Editora Elsevier Science Ltda. 1998.

KAPDI, S. S., VIJAY, V. K., RAJESH, S. K., PRASAD, P. – **Biogas Scrubing, Compression and Storage: perspective and prospectus in Indian context.** Renewable Energy – Science Direct, Renewable Energy – Centre for Rural Development and Technology, Indian Institute of Technology, New Dehli 110016, India – 2005.

MAGALHÃES, E. A., SOUZA, S. N. M., AFONSO, A. D. L., RICIERY, R. P. – **Confecção e avaliação de um sistema de remoção do CO₂ contido no Biogás** *Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil.* Maringá, v. 26, no. 1, p. 11-19, 2004.

MUÑOZ, M; MORENO, F; MOREA-ROY, J; RUIZ, J; ARAUZO, J – **Low heating value gas on spark ignition engines.** Biomass and Bioenergy. Vol 18, pp 431-439, 2000.

O'BRIEN, M. – **Catalytic oxidation of Sulphides in Biogas, ventilation air and Wastewater streams from Anaerobic Digesters** – Proceedings 1991 Food Industry Environmental Conference, USA 1991.

RUTZ, D., & RAINER, J. – **BioFuel Technology Handbook** – WIP Renewable Energies Sylvensteinstr. 281369 München – Germany – February, 2007.

SOUZA, J. – **Desenvolvimento de tecnologias para compressão de biogás** – Dissertação de Mestrado – PPGE3M – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre – RS, Brasil – 2010.

SOUZA, J; SOUZA, S. N. M; MACHADO, P. R. M – **Desempenho de um motor ciclo otto utilizando biogás como combustível** – UFSM-DEM – Santa Maria/RS – 2007.

TECHNICAL GUIDANCE FOR BIOFUELS – Technical information concerning the application of biofuels, SenterNovem, Utrecht, Netherlands Kristina Birath, Haide Backman, Ulrika Franzén, Ulf Liljenroth (WSP Sweden AB) www.biofuel-cities.eu 2008.

ZAREH, A. **Motores a Gás.** Lubrificação – Rio de Janeiro, v. 81, nº 04 , p. 2-4, 1998.