

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SYNGAS E COMPORTAMENTO TÉRMICO DA GASEIFICAÇÃO DE CARVÃO MINERAL DE CANDIOTA

Ricardo Nascimento ¹

Ethielle Bordignon de Carvalho Prestes ²

Rômulo Barbosa Ribeiro ³

Ana Rosa Costa Muniz ⁴

Gabriela Silveira da Rosa ⁵

Leandro Ademar Lissner ⁶

Resumo:

A gaseificação é um processo no qual o carvão reage com um oxidante resultando em um produto combustível. Além do carvão, os reagentes necessários são oxigênio e vapor de água. Esse processo tem por finalidade a obtenção de um gás de alto valor agregado (syngas) que é composto geralmente por CO, CO₂, H₂ e CH₄. Este gás pode ser utilizado como substituto do gás natural, bem como para a produção de químicos ou líquidos combustíveis e pode ser usado também para a produção de energia elétrica. O processo também gera uma fase líquida (alcatrão) formada basicamente por hidrocarbonetos que variam conforme o combustível utilizado, além de coprodutos sólidos (cinzas leves e pesadas). É um processo que envolve reações heterogêneas e homogêneas sob temperaturas elevadas e ação de um agente gaseificante, o mais comumente utilizado, por questões de custo, é o ar atmosférico e é utilizado em condições sub estequiométricas para que haja oxidação parcial do material combustível. A química da gaseificação do carvão pode ser determinada assumindo-se o carvão como sendo composto apenas por carbono e a combustão pode ser considerada a reação que fornece a maior parte da energia térmica para o processo total de gaseificação. O oxigênio pode ser puro ou estar contido no ar. O processo de gaseificação acontece em equipamentos chamados gaseificadores. Existem diversos tipos de gaseificadores, sendo os mais comuns os de reatores de leito fixo e de leito fluidizado. Para carvões com alto teor de cinzas o gaseificador mais indicado é o de leito fluidizado. Gaseificadores de leito fluidizado carecem de um meio fluidizante, o mais comumente aplicado é a areia de sílica, que também age como homogeneizador térmico. É importante ressaltar que na gaseificação em leito fluidizado as etapas ocorrem sequencialmente e não concomitantemente como no leito fixo, porém a temperatura e reações que ocorrem em cada uma são válidas para todas as conformações.

Palavras-chave: leito fluidizado; energia limpa; IGCC; metano; gás combustível; gás de síntese

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SYNGAS E COMPORTAMENTO TÉRMICO DA GASEIFICAÇÃO DE CARVÃO MINERAL DE CANDIOTA

¹ Aluno de graduação. ricardobsnascimento@gmail.com. Autor principal

² Aluno de graduação. bordignonprestes@gmail.com. Apresentador

³ Aluno de graduação. romulob.ribeiro@yahoo.com.br. Co-autor

⁴ Docente. ana.muniz@unipampa.edu.br. Orientador

⁵ Docente. gabysrosa@gmail.com. Co-orientador

⁶ Técnico Administrativo em Educação. leandrolissner@unipampa.edu.br. Co-orientador



ANÁLISE DA COMPOSIÇÃO DO SYNGAS E COMPORTAMENTO TÉRMICO DA GASEIFICAÇÃO DE CARVÃO MINERAL DE CANDIOTA

1. INTRODUÇÃO

As reservas de carvão mineral possuem maior tempo de vida útil que os combustíveis comumente utilizados na geração de energia, como petróleo e gás natural (DOERELL, 1999). O município de Candiota – RS, detém aproximadamente de 40% de toda a reserva de carvão mineral do Brasil, sendo um atrativo para o estudo mais aprofundado desse material no pampa gaúcho (SANTANA et al., 1971).

A gaseificação é uma alternativa mais limpa à utilização de materiais carbonosos (carvão, biomassa, resíduos petroquímicos, entre outros) como fonte combustível, sendo um conjunto de processos termoquímicos que ocorrem concomitantemente ou em zonas definidas. É um processo no qual o carvão reage com um oxidante resultando em um produto combustível. Além do carvão, os reagentes necessários são oxigênio e vapor de água, e tem por finalidade a obtenção de um gás de alto valor agregado (syngas) que é composto preferencialmente por CO, CO₂, H₂ e CH₄. Este gás pode ser utilizado como substituto do gás natural, bem como para a produção de químicos ou líquidos combustíveis e pode ser usado também para a produção de energia elétrica. O processo também gera uma fase líquida (alcatrão) formada basicamente por hidrocarbonetos cuja composição varia conforme o combustível utilizado, além de coprodutos sólidos (cinzas leves e pesadas) (BELGIORNO et al., 2003; PELLEGRINO; SÁNCHEZ, 2006).

É um processo que envolve reações heterogêneas (sólido-gás) e homogêneas (gás-gás) sob temperaturas elevadas (800°C ~ 1000°C) e ação de um agente gaseificante (vapor d'água, ar, O₂, CO₂ ou misturas dos mesmos). O agente oxidante mais utilizado, devido a questões financeiras, é o ar atmosférico (por vezes misturado a vapor d'água) e é utilizado em condições sub estequiométricas para que haja a oxidação parcial do material combustível (JANG et al., 2002; NARVAEZ et al., 1996). Existem três principais aplicações para esse gás, a geração de energia elétrica ou térmica, síntese de produtos químicos e produção de combustível líquidos (ABCM, 2000).

Geração de energia: o *syngas* pode ser utilizado como substituto para o gás natural alimentando turbinas a gás para a geração de energia elétrica. Essa combinação entre a planta de gaseificação e a planta de geração elétrica é conhecida com Gaseificação Integrada com Ciclo Combinado (IGCC) (ABCM, 2000; BASU, 2006).

Produtos químicos: o *syngas* possui ampla aplicação como insumo na indústria química como álcool, amônia, metanol, ácido acético e outros, sendo algumas em escala industrial e outras ainda em fase de estudo ou de pesquisa (FONSECA; MATAIS, 2009).

Combustíveis líquidos: é possível a obtenção de combustíveis líquidos (diesel e gasolina) através do processo Fischer-Tropsch.

Existem diversos tipos de gaseificador, sendo os mais conhecidos o gaseificador de leito fixo, leito fluidizado borbulhante e circulante. São escolhidos de acordo com o combustível a ser utilizado e a produção energética desejada. Para carvões com alto teor de cinzas o gaseificador mais indicado é o de leito fluidizado. Gaseificadores de leito fluidizado carecem de um meio fluidizante, o mais comumente

aplicado é a areia de sílica, que também age como homogeneizador térmico (HIGMAN; VAN DER BURGT, 2003).

A determinação dos compostos presentes no gás pode ser obtida através de cromatografia gasosa. Essa técnica é baseada na separação dos componentes da amostra que se deseja analisar. Inicialmente injeta-se a amostra no equipamento, esta então é misturada a fase móvel, no caso da cromatografia líquida o analito é misturado a um solvente, e na cromatografia gasosa, a um gás inerte, geralmente hélio ou nitrogênio. Em seguida, a fase móvel percola por uma coluna cromatográfica (fase estacionária), e devido a diferenças de interação dos componentes presentes na fase móvel com a fase estacionária, ocorre a separação dos mesmos ao longo da coluna. Ao fim da mesma, o analito é avaliado conforme o tempo de residência na coluna (NGUYEN et al., 2015).

Em conjunção com o processo de separação utiliza-se sistemas de detecção de forma a determinar a composição da amostra, um sistema relativamente simples e de ampla aplicação é o detector por condutividade térmica (TCD), no qual analisa-se a alteração causada pelos compostos na condutividade térmica do gás de arraste, dessa maneira e em conjunto com o tempo de retenção na coluna, é possível identificar os compostos presentes na amostra (Skoog *et al*, 1980).

O presente trabalho tem por objetivo a análise do comportamento térmico da gaseificação, bem como a análise da composição do *syngas*.

2. METODOLOGIA

O processo de gaseificação foi realizado na planta piloto instalada no Laboratório de Energia e Carboquímica (LEC) localizada na UNIPAMPA, campus Bagé, mostrado na Figura 1.



Figura 1. Planta piloto de gaseificação.

O equipamento passou por um processo de limpeza interna do reator, centrífuga, ciclone e tubulações coletoras de alcatrão com o intuito de impedir entupimentos por acúmulo de cinzas também nas tubulações ou incrustamento das cinzas devido a condensação de voláteis nos encanamentos.

Foi utilizado carvão mineral moído e peneirado fornecido pela CRM (Companhia Riograndense de Mineração) com granulometria aproximada de 8 mm. A vazão de ar foi ajustada em 9 Nm³/h e uma alimentação de carvão entre 3,9 e 4,9

kg/min. A ordem de execução da gaseificação está representada no fluxograma mostrado na Figura 2.

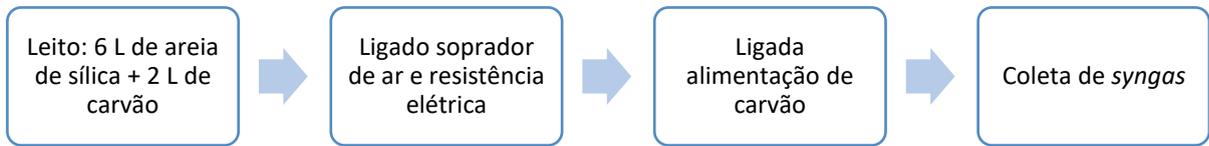


Figura 2. Fluxograma do processo de gaseificação

Analisou-se os gases gerados nos ensaios de gaseificação quanto a sua composição, através da cromatografia gasosa, em cromatógrafo gasoso GC-2014 da marca Shimadzu, com coluna de 15 pés, recheio Carboxen-1000 de 60/80 mesh, diâmetro de 1/8" SS e detector de condutividade térmica (GC-TCD). Usou-se uma temperatura de injeção de 225°C utilizando N₂ como gás de arraste com vazão de 30 ml/min, o perfil de temperatura da coluna foi ajustado conforme o fabricante, aquecendo inicialmente a 35°C por um período de 5 min, em seguida a uma taxa de 20°C/min elevou-se a temperatura da coluna até 225°C mantendo-a por mais 15 min, completando o tempo de análise de 29,5 min.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A gaseificação mostrou-se relativamente estável, estabilizando em uma faixa de temperatura de 600 a 700°C, como mostra a Figura 2. O gráfico mostra a temperatura de operação em função do tempo. A T1 representa a temperatura do ar de entrada do gaseificador. As linhas T2 e T3 mostram o comportamento da temperatura na região de plenum do leito, sendo que a proximidade entre essas duas temperaturas é um indicador da fluidização homogênea nessa região. As demais linhas indicam as temperaturas tomadas ao longo da linha de processo, da região de freeboard (T4) até T7, a temperatura do *syngas* amostrado.

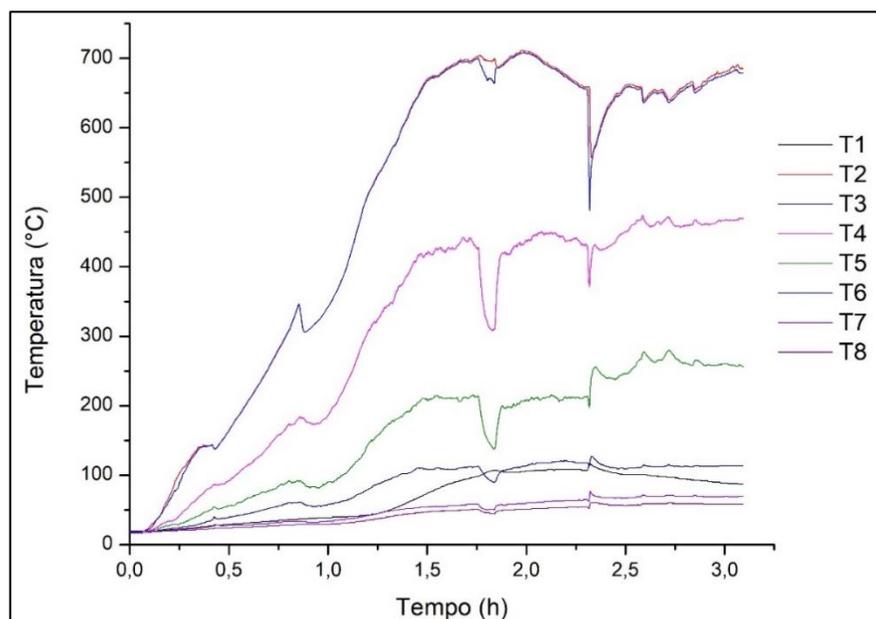


Figura 2. Comportamento térmico da gaseificação de carvão mineral.

A queda de temperatura em 0,8 h indica o início da alimentação de carvão e pode ser explicada pelo fato de o carvão encontrar-se em temperatura ambiente, sendo as quedas em 1,75 e 2,35 h explicadas pelo mesmo fato, porém causados pelo aumento da vazão de alimentação fria. O comportamento oscilatório a partir de 2,5 h indica a o início de um novo estado estacionário.

O cromatograma está mostrado na Figura 3, onde mostra-se a relação entre a intensidade do sinal elétrico captado pelo sensor e o tempo de retenção do composto. A análise qualitativa do gás foi determinada comparando-se os tempos de retenção, com os analisados pelo fabricante da coluna, bem como por meio da injeção dos componentes puros sob o mesmo método de análise.

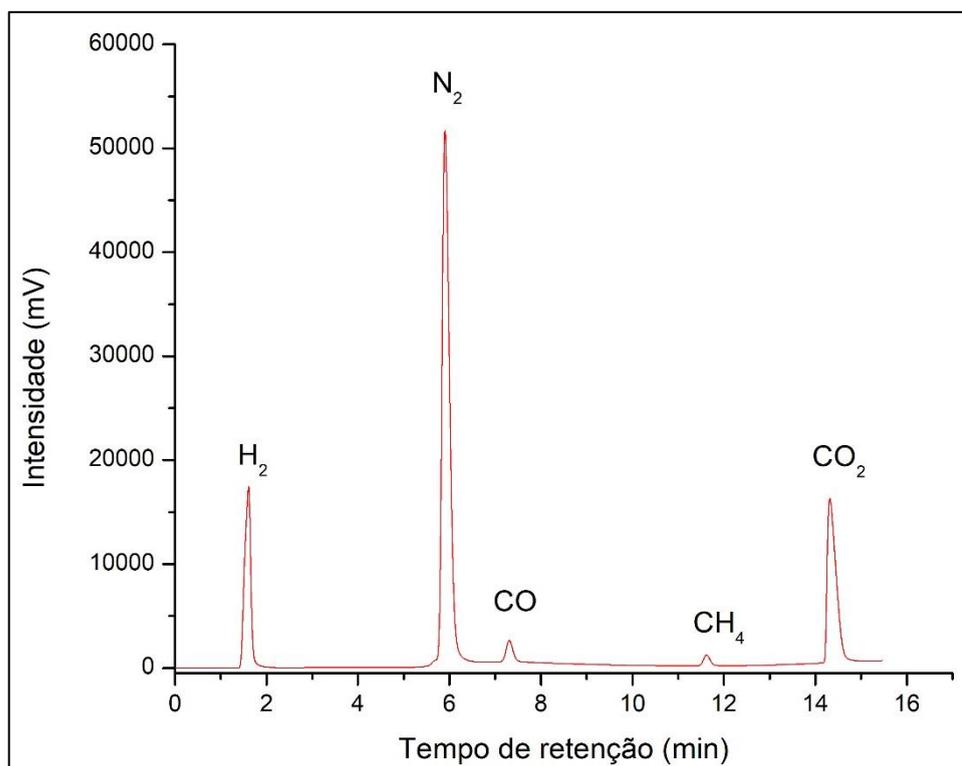


Figura 3. Cromatograma do *syngas* através de cromatografia gasosa.

Nota-se no cromatograma a ausência de O₂ e presença de N₂, isto se dá devido a alimentação de ar atmosférico como oxidante no gaseificador, uma vez que o oxigênio é consumido em sua totalidade nas reações de combustão apresentadas anteriormente e pelo fato de nitrogênio ser inerte nas condições de reação.

A formação de CO e H₂ é obtido através da reação endotérmica sólido-gás entre o carbono e a água vaporizada presente no carvão.

A formação de CO indica uma combustão incompleta e a produção de CO₂ uma queima completa, partindo desse conhecimento podemos concluir que o processo de gaseificação não se deu de forma majoritária, podendo ser comprovada também através da temperatura (700°C) abaixo do ideal para a gaseificação.

A formação de metano, apesar da baixa concentração, é de suma importância, tendo em vista que trata-se de um gás combustível de alto valor agregado. A reação de formação do metano ocorre entre o carbono presente no carvão e o hidrogênio

gasoso no meio reacional. É uma reação exotérmica e contribui com energia térmica para o processo de gaseificação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A gaseificação apresentou comportamento coerente ao esperado no estudo, porém, não foi possível atingir a temperatura ideal de gaseificação, nas condições de operação. Os compostos obtidos e identificados estão de acordo com a composição básica de gases de síntese reportados em literatura, indicando potencialidade para futura geração de gás combustível e insumos químicos de primeira e segunda geração.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABCM. Gaseificação. Disponível em: <http://carvaomineral.com.br/interna_conteudo.php?i_subarea=16&i_area=2>. Acesso em: 14 jun. 2017.
- DOERELL, P. E. All future energy will have to be "clean". Applied Energy, 1999.
- FONSECA, A. D. DA; MATAIS, P. H. L. DOS S. Biomass-To-Liquids : Uma Contribuição Ao Estudo Da Obtenção De Biocombustíveis Sintéticos Através Da Síntese Fischer – Tropsch Biomass-To-Liquids : Uma Contribuição Ao Estudo Da Obtenção De Biocombustíveis Sintéticos Através Da Síntese Fischer – Tropsch. [s.l.] USP, 2009.
- JANG, D. H. et al. Gasification of hazelnut shells in a downdraft gasifier. Energy, v. 27, n. 5, p. 415–427, 2002.
- RODRIGUES, R. Modelagem E Simulação De Um Gaseificador Em Leito Fixo Para O Tratamento Térmico De Resíduos Sólidos Da Indústria Calçadista. Dissertação de Mestrado, p. 141, 2008.
- SANTANA, E. R. R. DE et al. Revista brasileira de geociências : órgão da Sociedade Brasileira de Geologia. [s.l.] Sociedade Brasileira de Geologia, 1971. v. 41
- SKOOG. FUNDAMENTOS DE QUÍMICA ANALÍTICA. 8a ed., 2980.
- PELLEGRINO, R.; SÁNCHEZ, C. G. Gaseificação de Carvão Mineral com Adição de Vapor e Remoção de H₂S , em Leito Fluidizado. [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2006.
- BELGIORNO, V. et al. Energy from gasification of solid wastes. Waste Management, v. 23, n. 1, p. 1–15, 2003.
- HIGMAN, C.; VAN DER BURGT, M. Gasification. El Sevier, p. 403, 2003.
- NGUYEN, M.; BERNDT, C.; REICHEL, D.; KRZACK, S.; MEYER, B. Pyrolysis behaviour study of fatar-sandsulphur-rich brown coal and GC-FID/MS analysis of it star. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2015.