



## ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DO METANOL A PARTIR DA GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA PARA APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

Josevania Rodrigues Jovelino<sup>1</sup>, Felipe Augusto Rodrigues Marques<sup>2</sup>, Tuana Maria de Medeiros Costa<sup>3</sup>, Raquel Santos Silva<sup>4</sup>, Kepler Borges França<sup>5</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química – [vannya.rodrigues@hotmail.com](mailto:vannya.rodrigues@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química – [felipeaugusto\\_qi@hotmail.com](mailto:felipeaugusto_qi@hotmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química – [tuanamari@hotmail.com](mailto:tuanamari@hotmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química – [raquel.ssb@hotmail.com](mailto:raquel.ssb@hotmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Química – [kepler123@gmail.com](mailto:kepler123@gmail.com)

### RESUMO

Os biocombustíveis são provenientes de biomassa renovável que podem ou não substituir os combustíveis derivados de petróleo e gás natural na geração de energia. É uma fonte de energia que ajuda a reduzir a emissão de gases tóxicos no meio ambiente. A tecnologia de produção de metanol a partir de biomassa evoluiu muito nas últimas duas décadas, alcançando uma maior eficiência de conversão e menores custos, mas o conceito de integração completa da gaseificação, limpeza do gás e síntese do metanol não é ainda comercial. A tecnologia, ainda experimental, compreende o pré-tratamento da matéria-prima, no caso a madeira, (eucalipto, no Brasil) com picadores; a gaseificação; tratamento do gás de síntese e reforma dos hidrocarbonetos, ajustando a razão molar CO/H<sub>2</sub> para 2. O gás resultante é comprimido e, por catálise, produz o metanol. A água é removida por um processo de destilação. No entanto, há necessidade de melhoria tecnológica, como a limpeza do gás quente (reduzindo perdas de energia), a reforma catalítica auto-térmica (CAT) e produção direta na fase líquida. O objetivo do presente artigo consiste em realizar um estudo sobre o processo de produção do metanol a partir da gaseificação biomassa, bem como fazer uma análise sobre a viabilidade econômica e ambiental da aplicação deste produto no meio industrial.

**Palavras-chave:** geração de energia, biocombustíveis, tecnologia experimental.

### 1. INTRODUÇÃO

O metanol, carbinol ou álcool metílico é um dos principais compostos do grupo orgânico dos alcoóis.

Suas fórmulas químicas moleculares e estruturais estão representadas abaixo, e ele possui ponto de fusão igual a -97 °C e ponto de ebulição de 64,7°C.

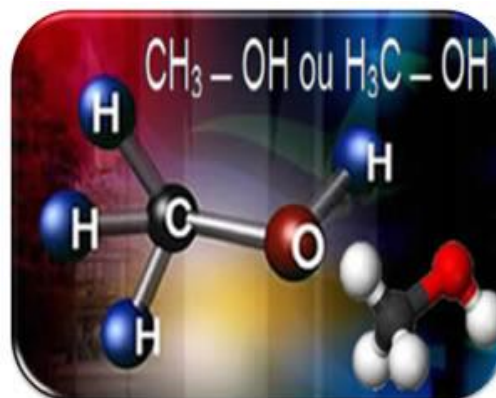


Figura 1: Fórmula do metanol.



Durante muitos anos, essa substância foi obtida unicamente pela destilação da madeira a seco e na ausência de ar, o que tornou o metanol conhecido como álcool de madeira.

Hoje, a substância é obtida sinteticamente a partir do monóxido de carbono (processo carboquímico) ou por oxidação controlada do metano (processo petroquímico).

Sua solubilidade em água é infinita, pois, por possuir moléculas pequenas, com o grupo OH – grupo característico dos alcoóis – suas moléculas formam ligações de hidrogênio com a água.

De todos os alcoóis, o metanol é o mais tóxico: sua dose letal é de 0,07 gramas por Kg de massa corporal, o que quer dizer que meia colher de sopa de metanol é suficiente para provocar a morte de um indivíduo de 60 kg.

Ao ser ingerido, o metanol pode causar cegueira, mesmo em pequenas doses, e até a morte. Um exemplo que ilustra bem esse caso é o que ocorreu em Salvador, em 1999, quando 40 pessoas morreram por ingerir aguardente de produção clandestina que estava contaminada com metanol. Os sintomas que eles sentiram antes de morrer foram dor de cabeça, hipertensão e vertigem.

O metanol também é conhecido como álcool da madeira, pois por muito tempo a única forma de sua obtenção era por meio da destilação da madeira.

O primeiro a realizar esse método foi Robert Boyle (1627-1691), em 1664. Ele chamou tal processo de espírito da madeira, que é destilada a seco em retortas em ausência de ar, em temperaturas muito elevadas, aproximadamente 400°C e, por fim, obtêm-se quatro frações nos três estados de agregação. Porém, esse método de produção não é mais usado, principalmente porque não é econômico.



Figura 2: Destilação da madeira.

A gaseificação trata-se da conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão).

Há vários tipos de gaseificadores, com grandes diferenças de temperatura e/ou pressão. Os mais comuns são os reatores de leito fixo e de leito fluidizado. O gás resultante é uma mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, dióxido de carbono e nitrogênio, cujas proporções variam de acordo com as condições do processo, particularmente se é ar ou oxigênio que está sendo usado na oxidação.

## 2. METODOLOGIA

O artigo baseou-se em um estudo de referências bibliográficas e conhecimentos que permitiram caracterizar as etapas de um processo clássico de produção do metanol a partir da biomassa.

Atualmente existem diversos meios comerciais para a produção de metanol e várias outras tecnologias avançadas para a sua produção encontram-se em desenvolvimento.



Segundo Cifre e Badr [2007], o processo de produção de metanol segue os seguintes passos:

### Pré-tratamento da matéria-prima

As principais fontes de biomassa mais indicadas para este processo são a madeira e resíduos de madeira. As características da biomassa e do gaseificador interferem diretamente na preparação da matéria-prima e frequentemente inclui a redução granulométrica da biomassa e secagem.

### Gaseificação da biomassa

Para selecionar e projetar qualquer sistema de gaseificação leva-se em consideração as características da matéria-prima, legislação ambiental vigente, custos e do equipamento e sua capacidade de produção.

A gaseificação de biomassa não é um processo recente. Atualmente, esse renovado interesse deve-se principalmente à limpeza e versatilidade do combustível gerado, quando comparado aos combustíveis sólidos.

A limpeza se refere à remoção de componentes químicos nefastos ao meio ambiente e à saúde humana, entre os quais o enxofre.

A versatilidade se refere à possibilidade de usos alternativos, como em motores de combustão interna e turbinas a gás. Um exemplo é a geração de eletricidade em comunidades isoladas das redes de energia elétrica, por intermédio da queima direta do gás em motores de combustão interna.

Outra vantagem da gaseificação é que, sob condições adequadas, produz gás sintético, que pode ser usado na síntese de qualquer hidrocarboneto.

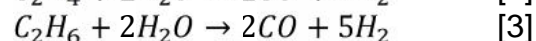
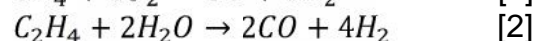
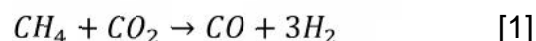
### Tratamento de gás de síntese

O gás produzido pela gaseificação necessita de algum tratamento, pois possui algumas impurezas tais como partículas sólidas, poeira, cloro que podem ocasionar corrosão do equipamento, além de comprometer a ação dos catalisadores.

Algumas tecnologias convencionais como resfriamento, filtração em baixa temperatura (de 100 à 250°C), podem tornar o gás limpo.

### Reforma dos hidrocarbonetos

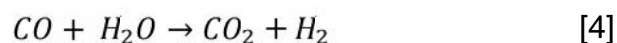
O processo de reforma dos hidrocarbonetos pode ser analisado a partir das reações abaixo:



Altas pressões beneficiam economicamente equipamentos menores. Reformadores típicos apresentam uma pressão de operação entre 1,0 e 3,5 MPa e uma temperatura oscilando entre 830 e 1000°C [KATOFISKY, 1993].

### Ajuste H<sub>2</sub>/CO

A reação química abaixo ajusta a relação entre H<sub>2</sub> e CO. Resultados melhores foram obtidos para uma relação H<sub>2</sub>/CO pouco maior que 2 [MAIYA et al., 2000].



### Síntese do metanol

A síntese do metanol é extremamente limitada pela termodinâmica, fazendo com que, inicialmente, se trabalhasse a altas



temperaturas para obter conversões razoáveis.

Uma das soluções fornecidas para este problema foi a de retirar o metanol enquanto ele é formado ou transformá-lo em outro produto, superando desta forma, essa limitação termodinâmica.

Para a síntese do metanol é utilizado um reator para a conversão do gás de síntese reformado.

O metanol é produzido a partir da hidrogenação dos óxidos de carbono na presença de catalisadores baseados em óxido de cobre, óxido de zinco ou óxido de cromo, como mostram as reações abaixo:



Estas reações são exotérmicas e ocasionam uma diminuição líquida do volume molar.

Altas pressões e baixas temperaturas favorecem o equilíbrio da reação.

O calor liberado é removido para manter a catálise e a taxa de reação.

### Destilação

Após as etapas de resfriamento e da separação das impurezas do gás, o metano cru é processado em uma unidade de destilação para obter a qualidade almejada.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os custos para a gaseificação da biomassa e posterior síntese do metanol apresentam como variáveis dependentes, os custos de investimentos e operacionais, incluindo os custos da biomassa propriamente dita.

Ao contrário do que ocorre na maioria dos sistemas de energia com base em biomassa, o custo da biomassa

não é o fator principal no custo do metanol.

Na situação atual, os custos de produção e transporte da madeira atingiram apenas 15% do custo total de produção de metanol, contra 60% de conversão e 24% da distribuição. Isto indica o interesse no desenvolvimento da tecnologia para baixar os custos de conversão.

Uma futura rota para produção de hidrogênio a partir de biomassa passaria por processos análogos aos da rota para metanol.

Em um horizonte mais afastado, se o uso do hidrogênio como vetor energético crescer como esperado, estes processos poderão ser muito importantes.

Estas avaliações iniciais de custos, e o potencial para biomassa no Brasil, recomendam aprofundar as investigações em processos de gasificação (para energia elétrica ou metanol), mesmo com as restrições ambientais e de toxicidade do metanol.

Uma planta de metanol, com capacidade térmica de 400MW de biomassa, tem o seu custo específico estimado em 1092 U\$/KW e a eficiência desta planta fica em torno de 50 a 55%. Para plantas maiores, por exemplo, 1.000MW, a eficiência aumenta, ficando em torno de 60 – 65%.

Os custos de investimento para a produção de metanol em fase líquida são cerca de 5 – 23% menores do que os custos com relação a fase gasosa [FAAIJ e HAMELINCK, 2001].

O equivalente a biomassa consumida custa aproximadamente 153000 kg/h + um adicional de 23625 kg/h ou 33750 kg/h, variando de acordo como as unidades de produção de calor e potência se associam. Portanto, o total de biomassa consumida oscila entre 177-187 ton/h.

Os balanços de energia e produção de metanol encontram-se na Tabela 1.



Tabela 1: Resumo dos balanços de massa e energia e rendimento do etanol.  
FONTE: ECOTRAFFIC R&D AB, 1997.

Consumo de Biomassa (ton/h)	177-187
Entrada	(MW)
Alimentação de Biomassa	408
Biomassa adicional	63 – 90
Total	471 – 498
Saída	(MW)
Metanol	231
Calor	56 – 105
Perdas	162 – 184
Total	471 – 498
Rendimento bruto do metanol	57%
Rendimento Líquido do metanol	46 – 49%
Rendimento Total de energia	61 – 67%

A energia consumida durante o aquecimento da água e produzida pelas várias unidades apresenta-se na Tabela 2.

Tabela 2: Energia consumida e produzida na obtenção do metanol.  
FONTE: ECOTRAFFIC R&D AB, 1997.

Unidade	MW
Calor consumido	28,88
Calor produzido	84,4
Calor disponível	56,4

A eficiência energética da produção do metanol através da biomassa depende das etapas adicionais (condicionamento, limpeza e compressão dos gases) e da capacidade da planta (quanto maior for a capacidade, maior a eficiência energética).

A Tabela 3 apresenta os principais custos específicos envolvidos na produção de metanol por meio da biomassa.

Tabela 3: Principais custos envolvidos na produção do metanol.  
FONTE: HOWARD E OSLZAK, 2004.

Custos	(\$/ton de metanol)
Custo da matéria-prima	426
Custo operacional	257
Encargos	344
Custo total	1027

Aproximadamente 1/3 da produção mundial do metanol é destinada para a síntese de formaldeído. O formaldeído é um aldeído de grande importância consumido na produção de resinas, cosméticos, plásticos, etc.

O ácido acético e o éter dimetílico são outras substâncias de relevância obtidas através do metanol.

O metanol tem a capacidade de dissolver alguns sais com uma eficiência maior do que o etanol, sendo desta forma, utilizado em larga escala como solvente industrial.

Devido a sua capacidade de dissolver alguns sais com uma eficiência elevada, a principal aplicação do metanol é como solvente em inúmeras reações industriais, além de ser muito útil na produção de polímeros sintéticos, como por exemplo, o plástico e a fórmica.

O metanol também é utilizado na extração de óleos vegetais e animais; no preparo de vitaminas; hormônios e colesterol e na produção do biodiesel. Esse composto também pode ser utilizado como combustível em motores a explosão como é o caso do dos aeromodelos e alguns carros de corrida.

Outra aplicação industrial do metanol diz respeito a sua elevada importância no setor energético dos EUA por ter originado o MTBE, mais conhecido como éter metil terc-butílico, o qual é adicionado à gasolina em uma percentagem de aproximadamente 10 à 15%, diminuindo os níveis de poluição ocasionada pela combustão nos automóveis. No entanto,



esta aplicação do metanol se encontra decrescendo, tendo em vista que o MTBE é uma substância cancerígena e já foi proibida em alguns países, inclusive no Brasil.

#### 4. CONCLUSÕES

O metanol é uma das substâncias mais importantes do setor industrial, devido a sua ampla aplicação em uma infinidade de áreas. É utilizado como fonte de matéria prima para a fabricação de diversas substâncias.

No Brasil, o metanol foi empregado como combustível de veículos e como aditivo da gasolina, substituindo o etanol. Porém, sua aplicação como combustível torna-se inconveniente devido ao seu alto teor de corrosão à aços, elevada toxicidade e inflamabilidade.

Em situação de incêndio, o metanol produz chamas praticamente invisíveis, o que dificulta a ação de apagar o fogo.

Em contrapartida, apresenta-se como um viável substituto da gasolina, tendo em vista que possui uma combustão mais completa, diminuindo os níveis de poluição do ar, além de não gerar óxidos de enxofre.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ECOTRAFFIC R&D AB. **Feasibility Phase Project for Biomass-Derived Alcohols for Automotive and Industrial Uses Altener**. Bal-Fuels Project Final Report, Nykomb Synergetic AB, 1997.

FAIJ, A; HAMELINCK, C; TIJMENSEN, M. **Long Ttermin Perspectives for Production of Fuels from Biomass; Integrated Assessment and RD&D Priorities – Preliminares Results**. First World Conference on Biomass for Energy and Industry, Sevilla 2000.

GALINDO CIFRE, P. and BADR, O. **Renewable Hydrogen Utilization for the Production of Methanol**. Energy Conversion and Management, v. 48, p. 519-527, 2007.

HOWARD, B.; OSLZAK, C. **A bioenergy Industry as a Sustainable Land Use and Energy Option for Australia**. Report Prepared for the Australian Conservation Foundation and Joint Venture Agroforestry Program and Myer Foundation, 2004.

KATOFISKY, R. E. **The Production of Fluid Fuels form Biomass**. Center for Energy and Environmental Studies, University Princeton, 1993.

MAYA, P.S.; ANDERSON. T.J.; MIEVILLE, R. L.; DUSEK, J.T.; PICCIOLO, J.J.; BALACHANDRAN, U. **Maximizing H<sub>2</sub> Production by Combined Partial Oxidation of CH<sub>4</sub> na Water Gas Shift Reaction**. Applied Catalisys A: General, vol. 196, p. 65-72, 2000.