

ESTUDO SOBRE A VIABILIDADE TÉCNICA DA PRODUÇÃO DE ETANOL VIA GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA

Rodrigo Lucas Calazans E-mail: rodrigoltcalazans@gmail.com

Resumo: Alternativas aos combustíveis derivados do petróleo e produtos químicos estão sendo procurados, em um esforço para desenvolver um grau alto de independência energética através do desenvolvimento de novas tecnologias e melhorar a qualidade do ar por meio de minimização dos impactos destas rotas no meio ambiente. Neste contexto que visa diversificar a matriz energética, o etanol e a biomassa vêm adquirindo considerações no ramo de combustíveis e derivados. O etanol é considerado como um potencial combustível alternativo para ser usado em automóveis e uma valiosa matéria prima para a indústria química, já a biomassa é a quarta maior fonte de combustível na Terra e é vista como tendo uma grande participação no futuro fornecimento de energia devido à sua abundância e natureza renovável. O processo estudado apresenta como suas principais etapas a reforma catalítica e a gaseificação da biomassa visando à produção de etanol a partir da geração de gás de síntese do bagaço da cana de açúcar, avaliando sua viabilidade técnica por meio da simulação computacional construída no software ASPEN HYSYS.

Palavras-chave: Biomassa, Etanol, Gás Natural.

STUDY ON THE TECHNICAL FEASIBILITY OF ETHANOL PRODUCTION VIA BIOMASS GASIFICATION

Abstract: Alternatives to petroleum-derived fuels and chemicals are being sought in an effort to develop a high degree of energy independence by developing new technologies and improving air quality by minimizing the impacts of these routes on the environment. In this context, which aims to diversify the energy matrix, ethanol and biomass have been acquiring considerations in the field of fuels and derivatives. Ethanol is considered as a potential alternative fuel to be used in automobiles and a valuable raw material for the chemical industry, since biomass is the fourth largest source of fuel on Earth and is seen as having a large share in the future energy supply due to its abundance and renewable nature. The main objective of this process is the catalytic reform and biomass gasification, aiming at ethanol production from the sugarcane bagasse gas synthesis, evaluating its technical feasibility through the computational simulation built in ASPEN HYSYS software.

Keywords: Biomassa, Ethanol, Natural Gas.

1. INTRODUÇÃO

Todas as atividades econômicas requerem algum tipo de transformação e essa transformação ocorre através da energia. A energia não tem necessariamente um certo nível de substituição com outros fatores de produção e é de vital importância para todos os países. De acordo com a agência de Energia Internacional (EIA), 82% da demanda mundial de energia é atendida por fontes de energia fósseis, como petróleo, carvão e gás natural. Assim, pode-se afirmar que as economias estão sujeitas a fontes de energia fóssil. Como o aumento da demanda global de energia foi maior do que o aumento da população no século passado, a dependência das economias em fontes de energia fóssil induziu algumas preocupações políticas, econômicas e ambientais (Bilglia, 2017).

A Biomassa que é a quarta maior fonte de combustível na Terra é vista como tendo uma grande participação no futuro fornecimento de energia devido à sua abundância e natureza

renovável. O dióxido de carbono produzido durante a geração de energia é logo consumido pela biomassa crescente durante a fotossíntese, tornando o carbono do combustível neutro. Como a biomassa é diversa na natureza, é convertida em diferentes biocombustíveis, dependendo da sua composição química. Biomassa contendo açúcar e amido são geralmente transformados em bioetanol enquanto biomassa contendo óleos e ácidos graxos são convertidos em biodiesel. A biomassa lignocelulósica é geralmente queimada ou gaseificada em gás de síntese (Bassyouni,2014).

A produção do gás de síntese ou como é conhecido internacionalmente como syngas é uma mistura de CO e H₂ gerado a partir de compostos com alto teor de carbono que tem potencial para a produção de uma vasta gama de produtos. A conversão catalítica de gás de síntese pode resultar na produção de etanol e o excesso de hidrogênio ser armazenado para outros fins.

Neste Século XXI as pesquisas atuais sobre conversão catalítica do gás de síntese para etanol continuam sendo um desafio, pois ainda não há processo comercial, decorrente da necessidade de caros catalisadores, a pressão de funcionamento elevada, e as técnicas para separação e reciclagem dos catalisadores, o que diminui a atração para aplicações comerciais. Mas nos últimos anos as pesquisas se intensificaram novamente, com um crescente interesse mundial na conversão de gás de síntese para o etanol e outros produtos. Melhorias significativas em design de catalisador e processo de desenvolvimento vêm ocorrendo para fazer esta conversão comercialmente atraente.

Este trabalho visa desenvolver uma rota catalítica para a conversão de biomassa para etanol, onde o desenvolvimento desta rota tecnológica visa desenvolver um projeto inicial de uma unidade petroquímica comercial com matriz energética diversa com base nas pesquisas que são realizadas e estão disponíveis na literatura, permitindo uma síntese preliminar de um processo que implique futuramente a união de uma refinaria com uma biorefinaria.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para iniciar a construção da rota a ser desenvolvida no ASPEN HYSYS, foi definido o modelo de minimização da energia de Gibbs nos cálculos cinéticos e termodinâmicos que ocorre nos reatores, já que permite uma análise termodinâmica que envolve a determinação de fase e as composições em equilíbrio de um sistema em particular nas condições de operação especificados. Os reatores envolvidos na operação cinética foram definidos com dimensões de 5m de altura e 1 m de diâmetro e as condições de alimentação envolveram o uso do bagaço da cana de açúcar, o ar e vapor de água. As correntes criadas no HYSYS apresentava as condições físicas descritas nas Tabelas 1 e 2, dados estes obtidos de Castro (2009) e atualizados com base no trabalho de Edreis (2016).

Tabela 1- Composição do bagaço da cana de açúcar

COMPONENTE	COMPOSIÇÃO MASSICA %
Carbono	52,55
Nitrogênio	0,2
Hidrogênio	5,4
Enxofre Rômboico	0,02
Cl2	0,03
O2	41,8

Tabela 2 -Condições operacionais das vazões de entrada

BAGAÇO	VALOR	Ar	VALOR	H2O	VALOR
Vazão (kgmol/h)	4.351	Vazão (kgmol/h)	1.793	Vazão (kgmol/h)	0.9548
Temperatura (°C)	25	Temperatura (°C)	25	Temperatura (°C)	345
Pressão (kPa)	93.33	Pressão (kPa)	93.33	Pressão (kPa)	93.33

Os reagentes são inseridos no reator de Gibbs, a uma temperatura de 650 C e resfriados em um condensador (*Resfriador*) a uma temperatura de 50 C para posterior separação de contaminantes (*Resíduos*) em um Separador (*Separador*), gerando uma corrente de gás de síntese (*Gás de Síntese*) mais limpa como descrito na figura 1.

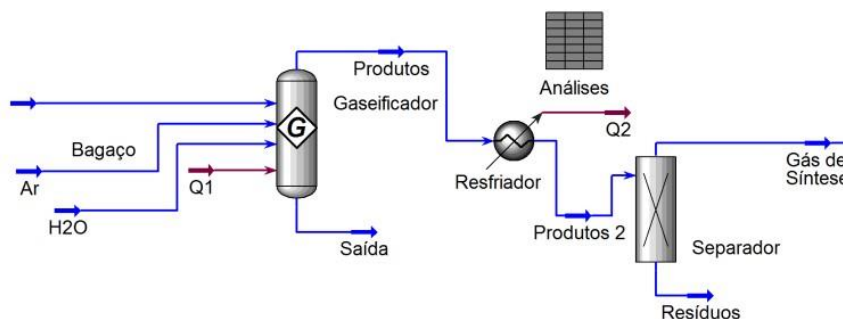


Figura 1- Gaseificação da biomassa

Em seguida o gás de síntese obtido é resfriado a 100 C e é inserido no reator de equilíbrio (*Reforma Catalítica*) que envolveu reações de síntese de etanol e a reação de gás shift. Após a reação, o produto resultante (*Síntese*), foi transportado para um Separador (*Separador 2*) para gerar a Solução Alcoólica (Sol. Alcoólica) conforme descrito na figura 2.

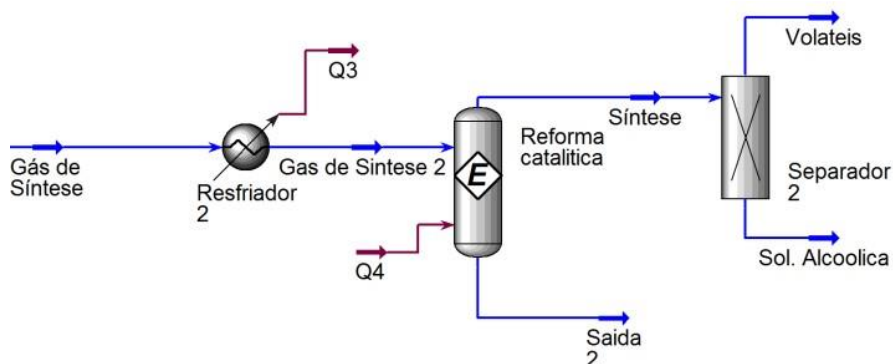


Figura 2- Reforma catalítica

Os resultados obtidos após a realização desta rota tecnológica é descrita por meio de perfis gráficos e por descrição de valores envolvendo as conversões obtidas em cada reator e quantidade de etanol obtida.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na rota tecnológica da gaseificação os resultados obtidos inclui uma conversão do carbono de **100%**, gasto energético de **3.13.10⁵ kJ/h** e a razão de H₂/CO do gás de síntese foi de **1,156**, mantendo-se constante e bem próxima do ideal para o esperado nas reações de gaseificação e podendo já ser usado em uma vasta gama de processos, conforme descreve a literatura. As características do gás de síntese são demonstradas abaixo nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Condições operacionais do gás de síntese

CONDIÇÕES OPERACIONAIS	VALOR
Temperatura (°C)	50,01
Pressão (kPa)	93,33
Fluxo mássico (kgmol/h)	5,491

Tabela 4 - Composição do gás de síntese

COMPOSIÇÃO DO GÁS DE SÍNTESE (% MOLAR)	VALOR
Metano	0,00
CO ₂	12,72
CO	25,77
Carbono	0,00
H ₂	29,80
HIDROCARBONETOS	0,00
N ₂	24,65
O ₂	0,00
H ₂ O	7,06
Etanol	0,00
Amônia	0,00
H ₂ S	0,00
Enxofre Rômbico	0,00
Cl ₂	0,00

Como observado nas tabelas 3 e 4, os resultados obtidos garante e confirma o que foi discutido por Castro (2009) e Edreis (2016), que a forma de simular e modelar a biomassa por meio da minimização de Gibbs garante em termos de resultados uma proximidade muito alta com o obtido em unidades reais quanto ao bagaço da cana.

Quanto a influencia da temperatura e pressão na gaseificação, fica claro que o aumento de temperatura e pressão (Figuras 3 e 4), diminuem a razão H_2/CO , no âmbito do aumento da temperatura a concentração de CO aumenta devido a reação de boudoard, e a quantidade de H_2 , por razão da reação de gás shift. Já para a pressão a concentração de CO diminui devido a reação de boudoard que desloca a reação para a formação de carbono, mas diminui de forma mais acentuada a quantidade de H_2 pelas reações de gas shift do carbono e da reação do CO com H_2 gerando metano e água.

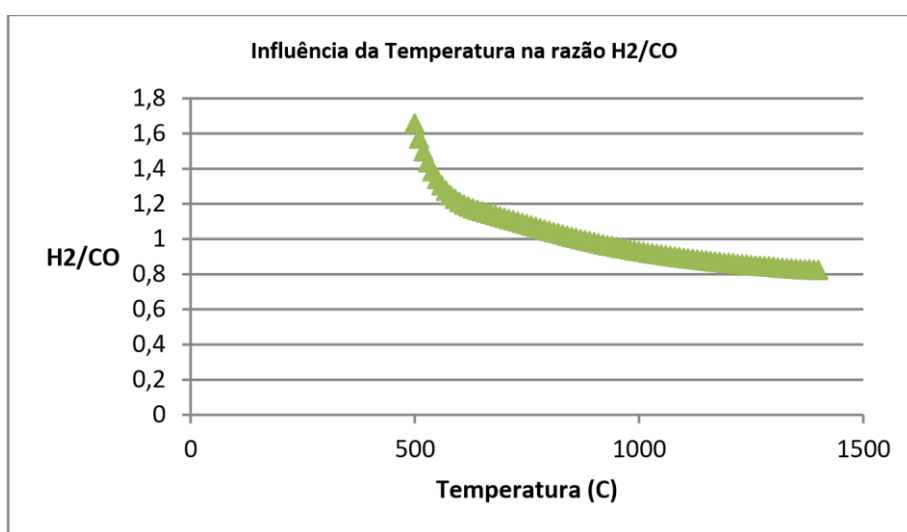


Figura 3 - Influência da temperatura na razão H_2/CO

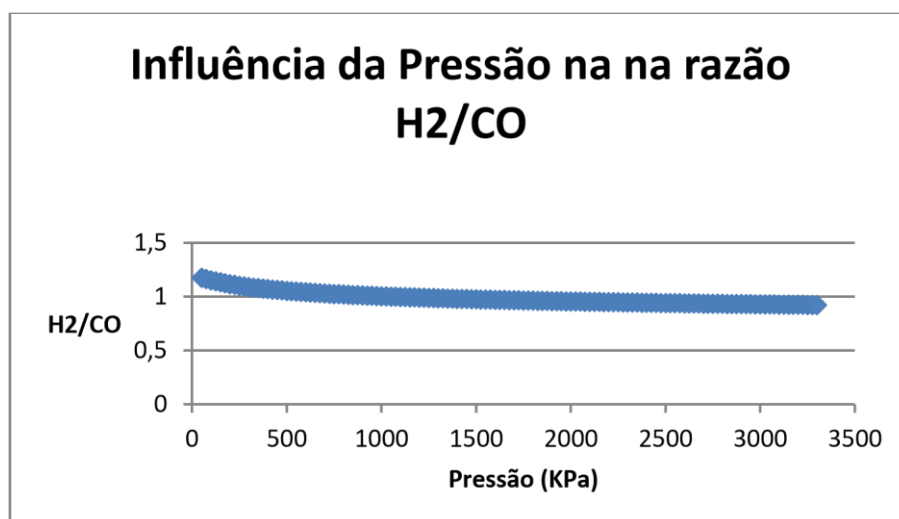


Figura 4 - Influência da pressão na razão H_2/CO

Na descrição dos resultados da reforma catalítica foi considerado no reator de equilíbrio as reações de hidrogenação do CO e a reação de gás shift. A conversão global de CO (reagente limitante) foi de **79,81%**. Para a reação de hidrogenação a conversão de CO foi de **37,56%** de gás shift foi de **42,25%**. Já para a solução alcoólica obtida, a Tabela 5 demonstra os resultados obtidos.

Tabela 5 - Condições operacionais da solução alcoólica

CONDIÇÕES OPERACIONAIS	VALOR
Temperatura (°C)	250
Pressão (kPa)	101,3
Fluxo Mássico Etanol (Kg/h)	13,24
Etanol (% Massa)	92,5
Etanol (% Volume)	94

Na Tabela 5 é descrita que a solução alcoólica gerada teve uma qualidade alta de **94%** em volume e quantidade satisfatória de **13,24 Kg/h** dada a quantidade de bagaço de cana utilizada. Os resultados obtidos descritos mostram que a reação de gás shift diminui a produção de etanol em virtude de parte do CO sofrer reação com a água para produzir H₂ e CO₂ diminuindo um pouco a seletividade com a geração de etanol. Entretanto a simulação voltada a produção de etanol com as premissas estabelecidas e nas experiências industriais atuais somadas as técnicas utilizadas ficaram de acordo com a literatura científica e pode ser usadas de forma integrada nas unidades petroquímicas gerando satisfatória quantidade de etanol em catalisadores mais robustos.

4. CONCLUSÕES

A simulação da rota de produção de etanol via a gaseificação da biomassa conduzida pelo software ASPEN HYSYS apresentou resultados satisfatórios tanto para as unidades de Gaseificação quanto da Reforma catalítica.

Os experimento voltado inicialmente à unidade de geração de gás de síntese via gaseificação apoiou-se nas experiências industriais e ficaram de acordo com a literatura científica e pode ser usada de forma integrada na unidade de reforma catalítica gerando satisfatória quantidade de etanol com uma qualidade de 94% em volume.

Assim, o modelo de simulação do processo criado poder ser utilizado para auxiliar matriz energética nacional, ajudar a combater crises ambientais e gerar lucratividade que permite aumentar a renda de um país.

O uso de recursos renováveis como o bagaço da cana, pode suprimir crises tecnológicas, incentivar melhorias nas atuais indústrias, gerar reserva de energia no país e torná-lo mais independente de flutuações externas como crises econômicas e geopolíticas como as do oriente médio.

Para finalizar, como sugestão para trabalhos futuros, uma alternativa pode ser o desenvolvimento de técnicas de controle que visem, por meio de manipulação das variáveis operacionais e previsões possam direcionar o espectro de produção de acordo com as necessidades do mercado e critérios ambientais. A inserção das refinarias de petróleo por meio da integração na planta desenvolvida na Tese visando a produção de hidrocarbonetos, gasolina e diesel é outra forma de fortalecer a matriz nacional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a UFPE e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Dedico também este trabalho em agradecimento ao Laboratório de Controle e Otimização de Processos (LACO-UFPE) e ao Laboratório de Processos Catalíticos (LPCUFPE).

REFERÊNCIAS

BILGILIA, F; KOÇAK, E; BULUTÇU, U; KUŞKAYAD, S. Can biomass energy be an efficient policy tool for sustainable development? *Renewable and Sustainable Energy Reviews* V.71; P. 830-845, 2017.

EDREIS, ELBAGER M, A; YAO, HONG. Kinetic thermal behaviour and evaluation of physical structure of sugar cane bagasse char during non-isothermal steam gasification. In: *Journal of Materials Research and Technology*. 2016.

CASTRO, ALFREDO; CASSIANO, DOUGLAS ; FERREIRA, NEWTON. Gaseificação do Bagaço de cana de açúcar, modelagem, análise e comparação com sistema real. *Exacta*. São Paulo. V7. n.1. p. 39-47. Jan/mar. 2009

BASSYOUNI, M; WAHEED, S; ABDEL-AZIZ, H; ABDEL-HAMID. Date palm waste gasification in downdraft gasifier and simulation using ASPEN HYSYS. *Energy Conversion and Management* 88 (2014) 693–699

MCKENDRY, P. Energy production from biomass (part 3): gasification technologies. *Bioresource Technology*, n. 83, p. 55–63, 2002.

REYNALDO PALACIOS BERECHÉ. Modelagem e integração energética do processo de produção de etanol a partir da biomassa de cana-de-açúcar Tese de Doutorado. Engenharia Mecânica. Unicamp. São Paulo 2011.

SPIVEY, J; EGBEBI, A. Heterogeneous catalytic synthesis of ethanol from biomass-derived syngas. In: *Chemical Society Reviews*, 36, 1514-1528, 2007.

SUBRAMANI, V.; GANGWAL, S. K. A Review of Recent Literature to Search for an Efficient Catalytic Process for the Conversion of Syngas to Ethanol. In: *Energy & Fuels*, 22, 814-839, 2008.

YUE, H; MA, X; GONG, J. An Alternative Synthetic Approach for Efficient Catalytic Conversion of Syngas to Ethanol; In: *Accounts of Chemical Research*.; 47, 1483–1492, 2014.

ZHENG, HUAYAN; ZHANG, RIGUANG; LI, ZHONG; WANG, BAOJUN. Insight into the mechanism and possibility of ethanol formation from syngas on Cu(100) surface. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. Vol 404; P.115–130, 2015.