

# PROCESSO INCENTIVADO POR MICRO-ONDAS PARA A PRODUÇÃO DE ETENO VERDE (2ª FASE)

Simone Lopes Putzeys<sup>1</sup>, Luiz Alberto Jermolovicius<sup>2</sup>, José Thomaz Senise<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Aluna de Iniciação Científica da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

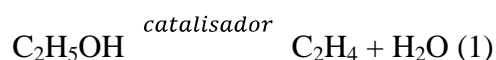
<sup>2</sup> Professor da Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT);

**Resumo.** *Visando inovar na produção de eteno verde, desenvolveu-se um reator em escala de bancada, irradiado por micro-ondas para processar a desidratação do etanol. O reator, de fase vapor, é de fluxo contínuo com leito catalítico aquecido apenas por irradiação por micro-ondas de 2,45 GHz. Foi estudada a conversão da energia de micro-ondas em térmica no leito catalítico e estabelecido o procedimento de operação desse reator.*

## Introdução

O eteno, precursor do polietileno, PVC, PVA e etileno glicóis, é uma das principais matérias primas de origem petroquímica, com uma das maiores árvores de derivados químicos que se tem conhecimento. Tradicionalmente, sua produção é a partir de gases de refinaria ricos em etano ou através de processos de desidrogenação seguida de pirólise da nafta petroquímica (Hatch e Matar, 2001).

Por se tratar de uma fonte energética não renovável e com grande oscilação de preço, a busca de rotas alternativas ao petróleo para a produção de eteno vem sendo promovida pela indústria. A desidratação catalítica do etanol (Equação 1), obtido por meio da fermentação de derivados de açúcar presentes na cana-de-açúcar e na beterraba, foi uma das alternativas encontradas. (Morshbacker, 2001)



A Braskem inovou lançando no mercado o polietileno verde que é produzido com eteno obtido a partir do etanol. Este eteno foi denominado de “eteno verde” e, recentemente, em conjunto com a Coca-Cola, anunciou o PET Verde.

Apesar da modernidade do conceito do eteno verde, grande parte de suas patentes são de antes de 2000. Das 14 patentes localizadas, apenas seis são deste século. Todas seguem conceitos tradicionais de processamento e o ponto crítico é o seu custo de operação. Em trabalho realizado anteriormente no Laboratório de Micro-Ondas, determinou-se que a velocidade da desidratação catalítica do etanol aumenta consideravelmente quando micro-ondas são utilizadas como fonte de aquecimento. (Sanches, Jermolovicius e Senise, 2012) Assim visualizou-se a oportunidade de desenvolver um processo de desidratação de etanol mais rápido que os convencionais. Isto traria a este processo uma maior produtividade e consequentemente um menor custo de operação.

Para este fim, empreendeu-se a construção de um reator contínuo irradiado por micro-ondas que permitisse processar a desidratação de uma corrente de etanol. O conceito de sua estrutura é o de um reator de escoamento tubular (Fogler, 1992) e a conversão de energia eletromagnética em energia para aquecer a temperatura de reação e para promover a reação é baseada na utilização de susceptores de micro-ondas (Metaxas e Meredith, 1983).

## **Materiais e Métodos**

### Reator para Produção Contínua de Eteno com Aquecimento por Micro-Ondas

Para alimentar o reator utilizou-se uma bomba dosadora de diafragma, alimentada através de um funil de separação carregado com um volume de etanol 99,5%. O álcool líquido foi alimentado, inicialmente para uma câmara de vaporização, aquecida eletricamente, que possuía uma corrente de arrasto de nitrogênio gasoso. Essa câmara de vaporização era mantida aquecida por meio de uma fita de aquecimento FIS ATOM, promovendo-se uma rápida vaporização do etanol bombeado.

A mistura gás de arraste (nitrogênio, especificamente) e vapor de etanol era alimentada ao reator, onde percorria um tubo de quartzo totalmente encerrado por uma cavidade monomodal em alumínio. Esta cavidade era conectada a um gerador micro-ondas de 2,45 GHz de potência variável até 3 kW. O corpo do reator era um tubo de quartzo com um suporte, o que permitiu a sustentação de uma camada de catalisador. O eteno produzido tanto podia ser recolhido em um gasômetro ou descartado continuamente através de um exaustor. O equipamento pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1: Vista do Equipamento

### Operação do reator contínuo irradiado por micro-ondas

Para a operação do reator, colocou-se em circulação o nitrogênio gasoso e ligaram-se o gerador de micro-ondas e a fita de aquecimento. A bomba dosadora só deve ser ligada quando a temperatura da câmara de vaporização ultrapassa a temperatura de vaporização do etanol, aproximadamente 100 °C. Com o acionamento da bomba, a potência do gerador de micro-ondas passa a ser controlada para manter-se um valor de potência efetiva constante. O eteno formado era descartado, em segurança, continuamente, através de um exaustor blindado. Em determinados intervalos de tempo, a tubulação do sistema de coleta era aberta para o recolhimento de amostras do gás em um gasômetro de vidro.

### Formulação do leito catalítico

O leito catalítico era composto de mistura em teores diversos de alumina ou zeólita ZSM-5 com um susceptor de micro-ondas, como carbono, grafite ou carbetto de silício. A função do susceptor é promover a conversão de energia eletromagnética em térmica para se atingir a temperatura de reação. Foi estudada a formulação do leito para atingir a temperatura necessária para a desidratação do etanol.

### Dosagem de etileno no fluxo de gás efluente

A dosagem de etileno foi realizada com brometo/bromato (Sanches, Jermolovicius, Senise, 2012). A amostragem foi efetuada deslocando o fluxo de eteno produzido para o gasômetro de vidro de 1 L, inicialmente completado com água. A leitura do volume recolhido era feita após equalizar a pressão interna com o ambiente. Os valores de temperatura e pressão ambiente eram anotados a cada leitura de volume. O sistema de coleta é mostrado na Figura 2.



Figura 2: Sistema de coleta

## Resultados e Discussão

Na fase de partida do reator, houve a necessidade de solucionar vários problemas de construção e operação. Um dos problemas de construção foi a deslocalização do foco de micro-ondas, que resultou no aperfeiçoamento desse equipamento. Vazamentos foram os problemas operacionais mais comuns, resolvidos pela adequação das vedações em diversos pontos do reator, com a realização de testes sem a reação.

O reator desenvolvido, depois de resolvidos os problemas de partidas, apresentou um fácil controle de sua operação. O aspecto mais incômodo é a necessidade de descarte de grande parte do eteno produzido, já que não se dispõe de um gasômetro tão grande para conter todo o etano gerado. Não houve perigo nesta operação, pois o teor de eteno no gás de descarte (eteno, nitrogênio, fluxo de ar) estava muito abaixo do limite inferior de explosividade do eteno. Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as vistas deste equipamento e na Figura 3 a câmara de reação e o sistema de coleta de eteno.

O teor de susceptor utilizado impacta no valor da temperatura atingida, em dada potência. Por outro lado, a potência é mandatária na velocidade de aquecimento do leito catalítico. A temperatura foi medida com o uso de um termômetro à laser infravermelho por meio de uma cavidade lateral da câmara. Os resultados encontrados para os testes de teor são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Testes de teor de susceptor

Teste	Alumina (%)	Carbeto (%)	Tempo (min)	Potência Incidida (W)	Potência Refletida (W)	Temperatura (°C)
1	50	50	5	1000	800	145
2	50	50	5	1000	800	230
3	50	50	5	800	600	245
4	40	60	5	600	400	289
5	40	60	15	600	400	459

## Conclusões

A aplicação de micro-ondas, como constatado em trabalho inicial (Sanches, Jermolovicius e Senise, 2012), apresenta uma opção para a produção de eteno verde. É necessário, agora que se tem o reator para este processamento, desenvolver um trabalho de otimização das condições de desidratação de etanol.

## Referências Bibliográficas

- Braskem tem o Primeiro Polietileno Verde Certificado no Mundo. Disponível em: [http://www.acionista.com.br/home/braskem/220607\\_primeiro\\_polietileno.pdf](http://www.acionista.com.br/home/braskem/220607_primeiro_polietileno.pdf), acesso em 02 de agosto de 2013.
- Copersucar e Braskem estudam parceria em PET. Disponível em: <http://www.linuxfacil.net/conculcorp/2012/03/24/copersucar-e-braskem-estudam-parceria-em-pet>, acesso em 02 de agosto de 2013.
- Fogler, H.S. (1992) *Elements of chemical reaction engineering*. New Jersey. Prentice Hall.
- Hatch, L. F.; Matar, S. (2001) *Chemistry of Petrochemical Processes*. USA. Gulf Publishing.
- Metaxas, A. C.; Meredith, R. J. (1983) *Industrial Microwave Heating*. England: Peter Peregrinus.
- Morshbacker, A. L. R. C. *Integrated Process for the Production of Ethylene-Butylene Copolymer, an Ethylene-Butylene Copolymer and the Use of Ethylene and 1-Butylene, as Comonomer, Sourced from Renewable Natural Raw Materials*. US20110213104A1, September 1, 2011.
- Sanches, V.V, Jermolovicius, L.A, Senise, J.T., *Processo Irradiado por Micro-ondas para Produção de Eteno Verde*. Anais do 4º Simpósio de Iniciação Científica do IMT, São Caetano do Sul, Brasil, 4 de dezembro de 2012.