

ESTUDO DO ENRIQUECIMENTO E PRODUTIVIDADE NO PROCESSO DE SEPARAÇÃO ETANOL-ÁGUA VIA ADSORÇÃO UTILIZANDO ADSORVENTE RENOVÁVEL

MARCELO JOSÉ DO CARMO^{1*}, MARIA LEIDIANE KELLY DIONISIO BARROS²,

¹ Dr. Professor Engenharia Química, UFC, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3366-9611, marcelojose.carmo@bol.com.br

².Aluna Engenharia Química, UFC, Fortaleza-CE. Fone: (85) 3366-9611, marialeidiane1995@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC' 2015
15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil

RESUMO: A otimização energética dos processos industriais é, sem dúvida, a busca incessante dos principais ramos da engenharia. No caso particular da separação etanol-água por destilação convencional, o custo total da energia gasta na forma de calor, seja na fase de aquecimento para gerar vapor enriquecido de etanol ou, na fase de resfriamento, para recuperar o etanol líquido mais concentrado, é muito elevado, principalmente nas concentrações mais altas deste produto. A partir deste fato, este trabalho teve como objetivo principal estudar um processo alternativo de separação desta mistura, principalmente nas concentrações acima de 50% (v/v) em etanol. Desta forma o processo de adsorção, na temperatura ambiente, utilizando um adsorvente de baixo custo e alta seletividade, foi empregado. Os experimentos foram organizados de acordo com um planejamento estatístico de três níveis das variáveis: massa de adsorvente, volume de água e tempo de adsorção. Os resultados são apresentados na forma de superfícies de resposta, sendo que o enriquecimento e a produtividade puderam ser correlacionados com estes parâmetros. Os dados experimentais foram ajustados por equações matemáticas polinomiais de 2ª ordem, sendo possível, então, ter um total controle sobre a influência destas variáveis, em todo o intervalo dos estágios operacionais, variando de 50 a 80% (v/v) em etanol.

PALAVRAS-CHAVE: Etanol, fonte renovável, inovação tecnológica.

STUDY OF ENRICHMENT AND PRODUCTIVITY IN THE PROCESS OF SEPARATION OF ETHANOL-WATER VIA ADSORPTION USING RENEWABLE ADSORBENT

ABSTRACT: The energy optimization of industrial processes is undoubtedly the relentless pursuit of the main branches of engineering. In the particular case of ethanol-water separation by conventional distillation, the total cost of energy expended as heat, the heating stage is to generate enriched vapor or ethanol, in the cooling phase, to recover the more concentrated liquid ethanol is very high, especially in higher concentrations of this product. From this fact, this study aimed to study an alternative process of separation of this mixture, especially in concentrations above 50% (v / v) ethanol. Thus the process of adsorption at room temperature, adsorbent using a low-cost and high selectivity, was employed. The experiments were organized in accordance with a statistical design variables of the three levels: adsorbent mass, volume, and time of water adsorption. The results are presented as response surfaces, and the enrichment and the productivity could be correlated with these parameters. Experimental data were fitted by polynomial mathematical equation of second order, it being possible then to have total control over the influence of these variables, over the entire range of operating stages, ranging from 50 to 80% (v / v) ethanol. .

KEYWORDS: Ethanol, renewable sources, technological innovation.

INTRODUÇÃO

Vários trabalhos são encontrados na literatura a respeito da questão da separação etanol-água por adsorção, mas estes estudos foram feitos, principalmente, em concentrações de etanol muito próximas do ponto de azeotropia, pela justificativa da impossibilidade de separação convencional a partir deste ponto, (Carmo, M. J. e Gubulin J. C., 1997; Carmo, M. J. e Gubulin J. C., 2002; Leo, D. M., 2007). A utilização de adsorventes não convencionais para tal fim tem sido objeto de estudos mais

recentes, com a finalidade de aumentar a capacidade, seletividade e reduzir o custo do próprio agente adsorvedor, contribuindo desta forma na otimização do custo global de energia do processo. Podem ser encontradas várias citações na literatura a este respeito, (Okewale, A. O. *et al.*, 2013). Este trabalho, portanto, estuda a separação etanol-água em concentrações de etanol a partir de 50% (v/v), utilizando amido como adsorvente, no intuito de substituir ou ser um processo coadjuvante a destilação convencional. Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina.. A amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em α -1,4 e α -1,6, formando uma estrutura polar com grande afinidade química pela água em relação ao etanol. Os valores médios são da ordem de 0,65 g_{ág}/g_{ads} e 0,02 g_{et}/g_{ads}, (Carmo, M. J. e Saraiva; S. S, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos através do método estático, que consiste na colocação no interior de frascos herméticos de 250 ml, variadas massas M_s(g) de adsorvente em contato com certo volume de solução aquosa de etanol nas concentrações iniciais de 50%, 60% e 70% (v/v) durante um certo tempo, t(min), objetivando obter os enriquecimentos e produtividades do etanol nos estágios de estudo. As Equações 1 e 2 permitiram calcular estas respostas do processo, respectivamente. O volume adsorvido de água, V_{ADS,A}(ml) foi medido em proveta graduada de 50 ml, sendo que V_{i,A} (ml) e V_B(ml) representam o volume inicial de água e o volume de etanol, respectivamente Os dados foram correlacionados por modelos polinomiais de 2ª ordem, através da Equação 3, onde Z é a variável resposta no modelo codificado, E ou P, X é a variável referente a M_s na forma codificada, -1, 0 e 1 e Y é a variável referente Variável referente a V_a na forma codificada, -1 e 1

$$E = \frac{V_B}{V_{i,A} - V_{ADS,A} + V_B} \quad (1)$$

$$P = \frac{V_B}{M_s t} \quad (2)$$

$$Z = Z_0 + a.X + b.Y + c.X^2 + d.Y^2 + f.X.Y \quad (3)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para as respostas de interesse, segundo a metodologia utilizada, encontram-se reunidos na tabela 1.

Tabela 1. Resultados experimentais para o enriquecimento, E, e produtividade, P (L/h.kg), do etanol

		t = 5min			t = 15min		
M _s (g)	V _a (ml)	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
5	20	0,54	0,63	0,72	0,55	0,63	0,73
5	30	0,54	0,62	0,72	0,54	0,64	0,73
5	40	0,53	0,63	0,72	0,54	0,64	0,73
20	20	0,58	0,66	0,74	0,60	0,68	0,75
20	30	0,56	0,66	0,75	0,57	0,65	0,76
20	40	0,55	0,64	0,75	0,56	0,65	0,75
35	20	0,61	0,71	0,78	0,65	0,71	0,78
35	30	0,59	0,67	0,77	0,60	0,68	0,76
35	40	0,56	0,65	0,76	0,58	0,67	0,76
M _s (g)	V _a (ml)	P ₁ (l/hKg)	P ₂ (l/hKg)	P ₃ (l/hKg)	P ₁ (l/hKg)	P ₂ (l/hKg)	P ₃ (l/hKg)
5	20	5,88	2,27	3,52	1,53	1,01	1,69
5	30	5,14	1,49	6,33	1,29	1,03	2,41
5	40	5,07	3,04	8,29	1,08	1,02	4,22
20	20	5,74	1,19	1,88	1,91	0,34	0,86
20	30	5,72	0,98	3,96	1,83	0,13	1,55
20	40	5,46	0,96	5,44	1,80	0,52	1,81
35	20	6,18	0,73	2,66	2,10	0,40	0,98
35	30	6,05	1,15	3,02	1,98	0,39	0,98
35	20	5,51	1,12	3,91	1,87	0,58	1,30

Os gráficos do planejamento podem ser visualizados nas figuras de 1 a 3, mostrando a relação entre enriquecimento e produtividade, para as mesmas condições experimentais.

Figura 1. Enriquecimento e produtividade do etanol no estágio 1

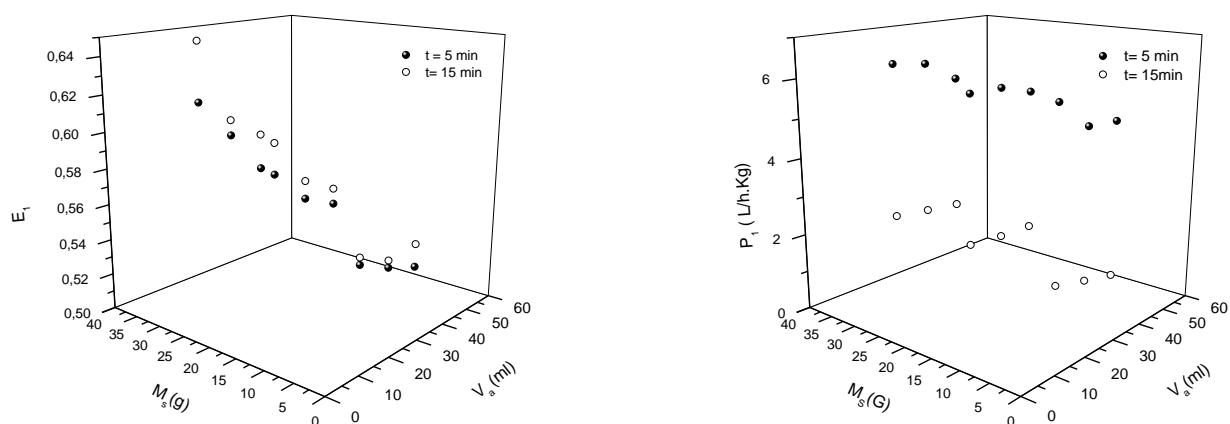


Figura 2. Enriquecimento e produtividade do etanol no estágio 2

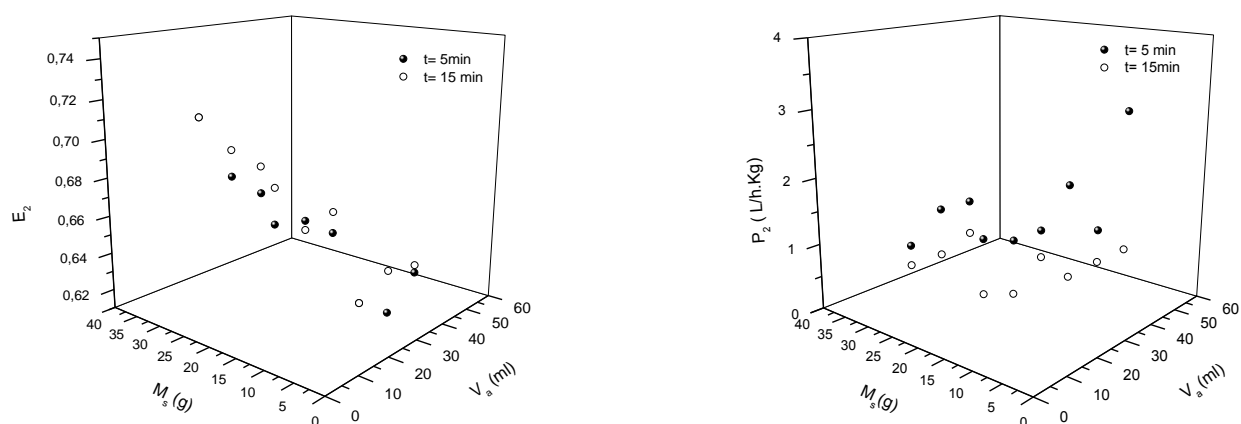
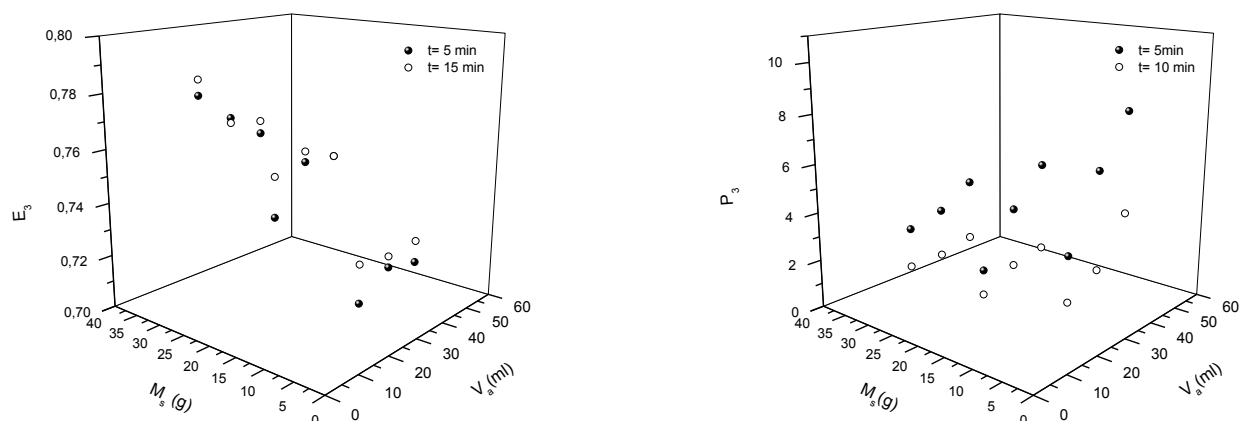
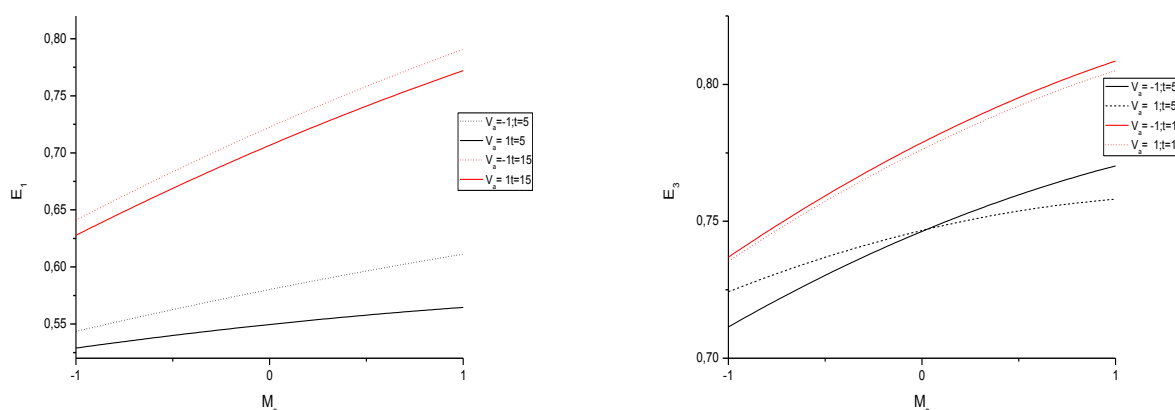


Figura 3. Enriquecimento e produtividade do etanol no estágio 3



A figura 4 mostra os modelos para o enriquecimento do etanol, em função da massa de amido, volume de água, V_A (ml), e tempo, para os estágios 1, 2 e 3.

Figura 4 – Modelos para o enriquecimento do etanol nos estágios 1 e 3



Os resultados mostram, de forma global, que todas as variáveis de estudo influenciaram os parâmetros da separação etanol-água. À medida que se aumenta o tempo de contato entre a fase fluida e a fase sólida, o enriquecimento do etanol é favorecido, principalmente no estágio de maior concentração de água, devido ao aumento do tempo de equilíbrio das fases. Em contrapartida, a produtividade teve um comportamento inverso e muito acentuado no estágio 1, devido à presença de muita água na mistura e, portanto, o tempo gasto para enriquecer o meio fluido desfavorece a produção de etanol. No estágio 3, com menor quantidade de água no meio este fato tende a ser minimizado. Se observarmos o efeito que a massa de amido e o volume de água causam no enriquecimento e produtividade, vemos que as razões entre esta massa e volumes estão localizadas acima do valor médio, para a massa, e próximo ao valor médio para o volume, ou seja, nas razões acima de 1,0, na forma codificada. Isto é explicado pelo fato de que um aumento na proporção de adsorvente em relação ao adsorbato teria maior capacidade em adsorvê-lo. Porém esta afirmação causa efeito contrário na produtividade, onde se observa que uma razão entre massa e volume próximos a 1,0, na forma codificada, resultaria numa melhor operação para ambas as variáveis, principalmente nos estágios mais ricos em água. Os modelos correlacionaram de forma satisfatória estes efeitos observados, quando analisados em um plano (E versus M_s) em função do tempo e volume.

CONCLUSÕES

Esta nova tecnologia de desidratação do etanol proposta neste trabalho, uma vez que estudos nesta direção existem, mas não em altas concentrações de água, se mostrou bastante viável, pois se consegue enriquecer o etanol com poucos estágios e utilizando adsorvente renovável, de baixo custo, tanto do material como da própria energia do processo. Estudos estão sendo desenvolvidos na sequência deste, no intuito de otimizar esta relação entre as variáveis, principalmente os custos comparativos de eficiência de energia.

REFERÊNCIAS

- Carmo, M. J.; Gubulin, J. C. Ethanol-Water Adsorption on Commercial 3A Zeolites: Kinetic and Thermodynamic data. *Kluwer Academic Publishers.*, v. 8, p. 235-248, 2002.
- Carmo, M. J.; Gubulin, J. C. Ethanol-Water Separation in the PSA Process. *Brazilian Journal of Chemical Engineering.*, v. 4, p. 217-224, 1997.
- Carmo, M. J.; Saraiva, S. S. Estudo da Separação Etanol-Água em Amido Peletizado como Alternativa Energética a Destilação Convencional. *XXXIII Encontro de Iniciação Científica da Universidade Federal do Ceará*, 2014.
- Leo, D. M. Adsorption of Water and Ethanol Vapors on 3A e 4A molecular Sieve Zeolites. *MSC Thesis State University of New York*, 2007.
- Okewale, A. O. *et al.* Adsorption Isotherms and Kinetics Models of Starchy Adsorbents on Uptake of Water from Ethanol – Water Systems. *International Journal of Applied Science and Technology.*, v.3, p. 35-42, 2013.