

ESTUDO DA DISTRIBUICAO DE TEMPO DE RESIDÊNCIA (DTR) EM CÉLULA ELETROQUÍMICA DE FLUXO ASCENDENTE

Georgiana Maria Vasconcelos Martins¹, Eudésio Oliveira Vilar² e Ramdayal Swarnakar³

1 - Bolsista PIBIC/CNPq/UFCG, Rua Elias Mota, 83, Bodocongó, CEP 58109-635, Campina Grande - PB, e-mail: georgianavasconcelos@yahoo.com.br

2- Professor Orientador, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Departamento de Engenharia Química/CCT, Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande - PB, e-mail: vilar@deq.ufpb.br

3 - Professor Orientador, Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Departamento de Engenharia Química/CCT, Av. Aprígio Veloso, 882, CEP 58109-970, Campina Grande - PB, e-mail: swarna@deq.ufpb.br

Palavras-chave: DTR, Reator Eletroquímico, Traçador KCl

Área do Conhecimento: III Engenharias

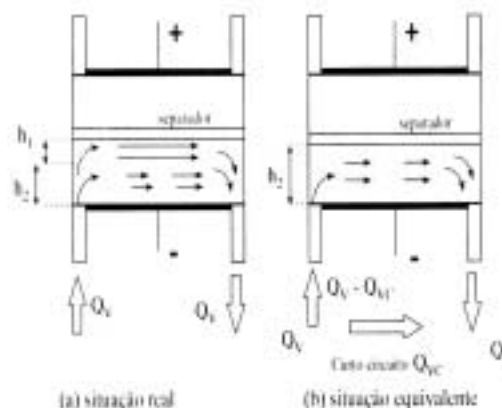
Resumo: A partir das informações obtidas pelo estudo da Distribuição de Tempo de Residência (DTR) de escoamento do fluido no interior das células industriais, pode-se corrigir os erros de projeto de célula, melhorando o aproveitamento das superfícies eletrocatalíticas. No presente trabalho foi estudada a distribuição do tempo de residência na célula eletroquímica de fluxo ascendente. Utilizou-se a técnica de resposta do impulso de um traçador (KCl). Foi avaliada a concentração do KCl injetado em três posições diferentes do reator: centro e nas duas extremidades, em função do tempo através da leitura da condutividade a cada 5 segundos até atingir o valor inicial. As vazões de alimentação foram de 150, 300, 400, 500 e 600 (L/h). A partir dos gráficos das curvas $E(t_r)$ foram obtidos os valores de tempo de residência médio, $\bar{t}_r$. A análise dos resultados mostrou que o comportamento do escoamento do fluido no reator aproximou-se o do tipo pistão, apenas para a vazão de 150L/h. Entretanto, para as vazões maiores o mesmo se distanciou do comportamento ideal, devido à dispersão axial ou zonas estagnadas. Em relação às posições analisadas somente numa das extremidades do reator o escoamento foi o esperado

INTRODUÇÃO

O escoamento no interior dos reatores reais (industriais) é freqüentemente muito diferente dos reatores ideais. No entanto, os reatores reais podem ser assimilados aos reatores ideais, sem aproximar-se o suficiente, mas também, sem distanciar-se muito (COEURET, 2002). Uma má distribuição de fluxo no interior das células eletroquímicas, podem acarretar zonas preferências de escoamento gerando “zonas mortas”. Sendo assim, no caso dos reatores ou células eletroquímicas, apenas uma parte da área eletródica disponível (pode-se chegar até mesmo a 20% de perda da superfície catódica e/ou anódica) é utilizada. Então, devido a estes problemas, as performances dos reatores reais estão sempre reduzidas.

A Figura 01 mostra esquematicamente, a passagem preferencial de um líquido num compartimento de um reator eletroquímico onde a

performance global (taxa de conversão dos reagentes, seletividade da operação, etc) encontra-se diminuída. O fluxo de eletrólito Q_{vc} que corresponde à camada de espessura h_1 , não atravessasse o compartimento, mas seria um



fluxo em “curto-circuito”. Somente o fluxo ($Q_v -$

Q_{vc}), que corresponde à camada de espessura h_2 , poderia participar sensivelmente da reação nos eletrodos do reator eletroquímico. (COEURET, 2002)

Figura 01 - Escoamento com passagem preferencial (curto-circuito)

Concebe-se, depois deste exemplo a importância do conhecimento (macroscópico), da estrutura do escoamento no interior do reator eletroquímico.

O problema de escoamento no interior das células industriais que tratam resíduos líquidos representa uma série de ameaça ao meio ambiente. Portanto, um dos métodos utilizados para se averiguar os problemas gerados pelo escoamento no interior de células eletroquímicas ou reatores de maneira geral, é o estudo da Distribuição de Tempo de Residência (D.T.R.). A partir das informações obtidas por este método, pode-se corrigir erros de projeto de célula, melhorando o aproveitamento das superfícies eletrocatalíticas ou catalíticas, com uma distribuição mais uniforme do fluido.

GAVRILESCU (1999) et al estudaram a distribuição do tempo de residência da fase líquida em um reator AIR LIFT de tubo-concêntrico em diferentes partes do reator (*riser*, *down-comer*, zona inferior e separador gás-líquido) usando a técnica de resposta do traçador. Foi observado que para a operação sem recirculação, o fluxo total no reator AIR LIFT distância do modelo ideal devido à dispersão axial, as zonas estagnadas e dos curtos-circuitos. Já na operação com recirculação, o fluxo líquido no reator AIR LIFT aproximou-se do fluxo ideal, pois as zonas estagnadas foram diminuídas e os curtos-circuitos tornaram-se insignificante.

OBJETIVO

O presente trabalho tem o objetivo básico de estudar a distribuição do tempo de residência da célula eletroquímica de fluxo ascendente, já existente e operando no Laboratório de Engenharia Química do DEQ da UFCG. Esta célula está sendo testada para o tratamento de efluentes orgânicos poluentes provenientes da indústria petroquímica. A partir do estudo realizado espera-se identificar possíveis problemas de escoamento de forma a corrigirmos e/ou otimizarmos numa etapa posterior, o projeto original desta célula.

METODOLOGIA

O sistema experimental, mostrado na Figura 02, é composto basicamente por: um reator eletroquímico de fluxo ascendente, um reservatório (contendo água destilada) alinhado a uma bomba centrífuga modelo 56 de marca KHOLBACH de 0,5 CV que trabalha com motor de indução monofásica e um termostato marca HAAKE que alimenta a célula de fluxo ascendente, sendo colocado para que a água destilada permanecesse numa temperatura constante (27°C). A vazão da alimentação é controlada através de um rotâmetro modelo CONAUT com capacidade máxima de 600L/h. Já na saída do reator tem um condutivímetro de marca DIGEMED responsável para medir a condutividade da solução.

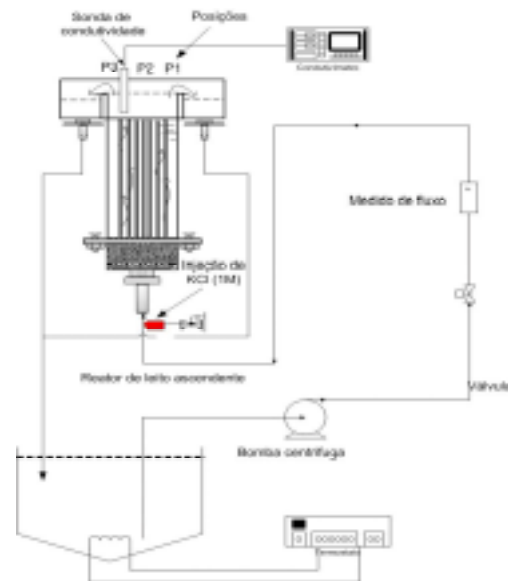


Figura 02 – Sistema experimental utilizado para o estudo de D.T.R no reator de fluxo ascendente.

A Figura 02 mostra o reator eletroquímico de fluxo ascendente com eletrodos dispostos paralelamente ao escoamento do fluido. Este reator feito totalmente em acrílico apresenta uma geometria retangular, com volume de 0,956L, acoplado a uma calha de 150mm×85mm× 50mm; na parte inferior do reator possui uma seção calmante de 20mm de altura preenchida com pérolas de vidro de 1,75mm de diâmetro; uma tela de nylon acoplada a um distribuidor. Neste distribuidor foram feitas aberturas com a mesma dimensão que à distância entre as placas de 2mm, 3mm e 4mm, onde estas tinham a finalidade de garantir a mesma velocidade

em toda a área do reator e entre as placas para qualquer valor de vazão.

Para obter os dados experimentais do estudo de Distribuição do Tempo de Residência na célula eletroquímica de fluxo ascendente, utilizou-se o método baseado na introdução de um traçador (KCl) na entrada do reator, provocando uma perturbação do tipo impulso, detectando-se e seguindo-se no tempo a concentração deste traçador na saída, através da leitura da condutividade. Neste estudo avaliou-se a concentração do KCl injetado em três posições diferentes do reator: centro (posição P2) e nas extremidades (posições P1 e P3), como também, variou-se às vazões de entrada do reator. As vazões utilizadas foram de 150, 300, 400, 500 e 600 (L/h). Além disso, foi utilizado para cada experimento 8 litros de água destilada, sendo este volume considerado o ideal para uma boa hidrodinâmica do sistema.

Inicialmente, fez circular água destilada através das placas catódicas e anódicas do reator até obter um aspecto hidrodinâmico de modo que os eletrodos e a sonda de condutividade, responsável pela detecção do traçador (KCl), ficassem imersos no fluido. Feito isto, fixou-se uma determinada vazão, introduziu-se 2ml de KCl (1M) na entrada da célula. Assim, no momento da injeção do KCl acionava-se o cronômetro e, em seguida, detectava-se na saída a concentração do KCl em função do tempo através da leitura da condutividade, onde a cada 5 segundos o condutivímetro (sonda de condutividade) registrava uma nova leitura da concentração do KCl. Sendo assim, a cada mudança da vazão injetava-se mais KCl e como a água destilada utilizada na primeira injeção sempre retornava ao reservatório de alimentação; então, a nova concentração, $C(t)$, era dividida pela concentração inicial, $C_o(t_o)$.

Portanto, a passagem de $\frac{C(t)}{C_o(t_o)}$ se fez

estabelecendo um balanço dos 'p' moles do traçador injetado. Ou seja, aplicando-se a expressão da função de Distribuição do Tempo de

$$\text{Residência, } E(t_r) = \frac{Q_v}{p} \cdot \frac{C(t)}{C_{o(t_0)}} \cdot C_{o(t_0)}, \text{ assim,}$$

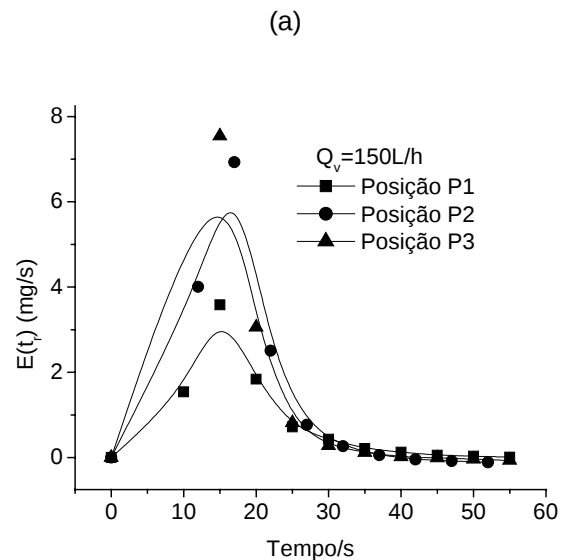
obteve-se as curvas respostas do KCl no interior do reator de fluxo ascendente. Onde $E(t_r)$, Q e $C(t)$ estão em mg/s, L/s e mg/L, respectivamente.

Para verificar o comportamento do fluido no reator de fluxo ascendente fez-se o estudo de D.T.R em três posições diferentes do reator: no centro (posição P1) e nas extremidades (posições P2 e P3). Os tempos de residência médio teóricos do KCl no interior do reator, para as vazões de 150, 300, 400, 500 e 600 l/h, foram calculados a partir do volume do compartimento reacional do reator, aplicando-se a fórmula, $\bar{t}_r = V/Q_v$. Já os valores experimentais foram calculados a partir da

$$\text{fórmula: } \bar{t} = \frac{\sum_{t=0}^{t=\infty} tE}{\sum_{t=0}^{t=\infty} E}, \text{ ver resultados na tabela 01.}$$

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 03 apresenta uma parte dos resultados obtidos. As curvas da Figura 03 mostram a variação da função de D.T.R, $E(t_r)$, versus o tempo de operação do reator nas vazões de (a) 150L/h e (b) 600L/h.



(b)

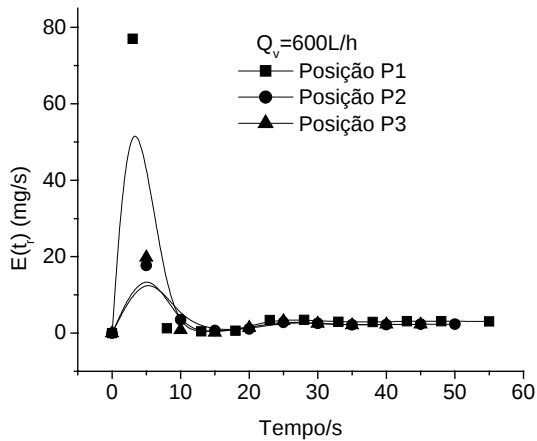


Figura 03 - Gráfico da variação da função DTR, $E(t_r)$, versus o tempo de operação do reator nas vazões de (a) 150L/h (b) 600L/h.

Ao verificar os formatos das curvas de distribuição do tempo de residência (Figura 02) pode-se concluir que, o comportamento do escoamento do fluido no reator aproximou-se o do tipo pistão, especificamente para a vazão de 150L/h. No entanto, para a vazão de 600L/h, observou-se o distanciamento da idealidade do reator do tipo pistão.

A Tabela 01 apresenta os tempos de residência médios teóricos e experimentais para os cinco vazões diferentes e nas três posições, calculados conforme descrito na metodologia. Para visualizar melhor estes resultados são mostrados na Figura 04.

Tabela 01 – Tempo de residência médio ($\bar{t}_r$) .Valores experimentais e teóricos.

$Q_v (L/h)$	$\bar{t}_r$ (s) Posição P1	$\bar{t}_r$ (s) Posição P2	$\bar{t}_r$ (s) Posição P3	$\bar{t}_r$ (s) Valor Teórico
150	18	17	17	23
300	18	19	30	11,5
400	18	22	14	8,6
500	14	20	24	6,9
600	11	18	16	5,7

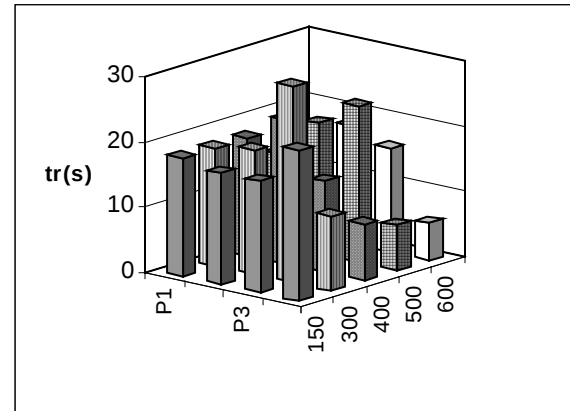


Figura 04 – Variação de tempo de residência em função das posições do reator estudado e da vazão de alimentação.

Ao comparar os valores dos tempos de residência médios entre as posições estudadas pode-se afirmar que, na extremidade P1 do reator o escoamento do fluido aproximou-se do ideal, enquanto que, no centro (posição P2) e na extremidade P3, alguns valores foram maior do que o esperado, devido a má distribuição do fluido.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos do presente estudo serviram para identificar que o comportamento do escoamento do fluido no reator aproximou-se o do tipo pistão, apenas para a vazão de 150L/h. Entretanto, para as vazões maiores o mesmo se distanciou do comportamento ideal, devido à dispersão axial ou zonas estagnadas. Em relação às posições analisadas somente numa das extremidades (posição P1) do reator o escoamento foi o esperado. Nas posições P2 (centro) e P3 (extremidade) o escoamento do fluido distanciou do comportamento ideal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COEURET; Engenharia Dos Processos Químicos, Editora universitária da UFPB, João Pessoa, 2002.

SCOTT,K.,Electrochemical Reaction Engineering. Academic Press, Nova York, 1992.

M.GAVRILESCU, R. Z. TUDOSE; Residence Time Distribution of the liquid phase in a concentric-tube



airlift reactor. Chemical Engineering and Processing
V. 38, p.225-238, 1999.