Brazilian Journal of Development

Estudo da distribuição do tempo de residência em um reator contínuo de tanque agitado

Study distribution study on a continuous shake tank reactor

DOI:10.34117/bjdv5n10-046

Recebimento dos originais: 10/09/2019
Aceitação para publicação: 04/10/2019

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves
Mestre em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
Instituição: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Endereço: R. Dois, 300 - Village do Lago I, Montes Claros - MG, 39404-058.
E-mail: thalles.ifnmg@gmail.com

Vitor Hugo Endlich Fernandes
Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
Instituição: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Endereço: R. Dois, 300 - Village do Lago I, Montes Claros - MG, 39404-058.
E-mail: vitor.fernandes@ifnmg.edu.br

Mayara Mendes Costa
Graduada em Engenharia Química pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.
Instituição: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Endereço: R. Dois, 300 - Village do Lago I, Montes Claros - MG, 39404-058.
E-mail: mayaramendescosta19@gmail.com

Mariana Marques de Oliveira
Graduada em Engenharia Química pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.
Instituição: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Endereço: R. Dois, 300 - Village do Lago I, Montes Claros - MG, 39404-058.
E-mail: marianamarques809@yahoo.com.br

Hugo Lopes Ferreira
Graduando em Engenharia Química pelo Instituto Federal do Norte de Minas Gerais.
Instituição: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Endereço: R. Dois, 300 - Village do Lago I, Montes Claros - MG, 39404-058.
E-mail: hugolopesferreiras2@gmail.com

Robson Antônio de Vasconcelos
Graduação em Farmácia pela Universidade Federal de Minas Gerais.
Instituição: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais
Endereço: R. Dois, 300 - Village do Lago I, Montes Claros - MG, 39404-058.
E-mail: robson.vasconcelos@ifnmg.edu.br

Brazilian Journal of Development

RESUMO

Como ferramenta didática para melhor entendimento dos alunos no ensino de Engenharia Química no Instituto Federal do Norte de Minas Gerais do Campus Montes Claros-MG foi proposto o desenvolvimento de um projeto visando o estudo da distribuição do tempo de residência em um Reator Contínuo de Tanque Agitado (CSTR). O conhecimento da distribuição do tempo de residência (DTR) nos reatores é de suma importância para caracterização da mistura que ocorre no mesmo e assim tornar o processo mais próximo do ideal, evitando os caminhos preferenciais e zona morta, que diminuem a conversão da reação. Este trabalho tem como objetivo o estudo do processo de mistura no reator CSTR a partir da determinação da DTR, com esse operando em três agitações distintas. Os resultados mostraram que houve desvio da idealidade nas três condições, tais como zona morta e curto-circuito. Ao final do projeto e com a aplicação das aulas práticas paralelo à sala de aula foi possível perceber uma maior facilidade de aprendizagem e um maior interesse pelo conteúdo.

Palavras-chave: Distribuição de Tempo de Residência (DTR); Reator CSTR; Prática de Engenharia Química.

ABSTRACT

As a didactic tool for better understanding of the students in the Chemical Engineering teaching at the Federal Institute of North of Minas Gerais Campus Montes Claros-MG was proposed the development of a project aiming the study of the residence time distribution in a continuous stirred tank reactor. (CSTR). Knowledge of the residence time distribution (DTR) in the reactors is of paramount importance to characterize the mixture that occurs in the reactor and thus make the process closer to ideal, avoiding the preferred paths and dead zone, which slow the reaction conversion. This work aims to study the mixing process in the CSTR reactor from the determination of the DTR, with this operating in three distinct agitations. The results showed that ideality deviated in the three conditions, such as dead zone and short circuit. At the end of the project and with the application of practical classes parallel to the classroom it was possible to realize a greater ease of learning and a greater interest in the content.

Keywords: Residence Time Distribution (DTR); CSTR reactor; Chemical Engineering Practice

1 INTRODUÇÃO

A experimentação no ensino de Engenharia Química pode auxiliar na compreensão de conceitos dos fenômenos e de processos envolvidos. Neste sentido, deve-se destacar a importância de que se reveste o caráter experimental dos temas estudados em engenharia química, envolvendo a distribuição do tempo de residência nos reatores e a sua influência na cinética química. Raramente os alunos têm a oportunidade de visualizar esses fenômenos no decorrer das disciplinas teóricas. Sendo assim, é importante promover ao aluno a visualização, compreensão, estudo e análise que certamente farão parte da sua vida profissional no futuro.

Esse projeto foi aplicado nas aulas experimentais da disciplina de Laboratório de Operações e Processos do curso de engenharia química.

O reator contínuo de tanque agitado (CSTR) é amplamente empregado no meio industrial e é utilizado principalmente para reações em que os componentes são líquidos. No escoamento ideal no reator todos os átomos que saem desse, permaneceram dentro dele exatamente o mesmo tempo. Já na prática percebe-se que alguns átomos que entram no reator, saem quase que imediatamente e outros permanecem por longo tempo, a estes fenômenos dá-se o nome de desvio e zona morta, respectivamente e eles ocorrem principalmente devido a geometria do reator e a má distribuição das moléculas no meio reacional. Este comportamento torna o contato menos efetivo entre as moléculas, provocando assim conversões mais baixas (FOGLER, 2009).

De modo a caracterizar a mistura que ocorre no vaso de reação, determina-se o tempo de residência, que representa o tempo que as moléculas despendem para percorrer o reator. A curva da distribuição de tempo de residência (DTR) pode ser obtida introduzindo um marcador no reator e analisando a composição da corrente de saída ao longo do tempo. Segundo LEVENSPIEL (2000), a partir da obtenção dos dados de concentração do traçador versus tempo é possível determinar a função DTR (Equação 1), que descreve em quanto tempo os elementos do fluido percorrem o reator. Analisando a curva de DTR, pode-se obter informações referentes à hidrodinâmica do sistema real, comparando-se a DTR com a do CSTR ideal. Dessa forma, pode-se detectar os desvios da idealidade (LIMA, 2005).

$$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^\infty C(t)dt} \qquad (1)$$

O tempo de residência médio pode ser obtido a partir da curva de DTR e a variância que indica a dispersão da distribuição, conforme Equações 2 e 3, respectivamente.

$$t_m = \frac{\int_0^\infty t\, C(t)\, dt}{\int_0^\infty C(t)dt} \qquad (2)$$

$$\sigma^2 = \frac{\int_0^\infty t^2\, C(t)\, dt}{\int_0^\infty C(t)dt} \qquad (3)$$

O presente trabalho teve como objetivo estudar o processo de mistura do reator contínuo de tanque agitado (CSTR) em três agitações distintas, a partir do cálculo da distribuição do tempo de residência (DTR), do tempo médio de residência t_m, e da variância σ^2, com o intuito de melhorar assimilação dos conhecimentos teórico-prático dos alunos das aulas práticas do curso de Engenharia Química.

Brazilian Journal of Development

2 METODOLOGIA

Os experimentos do projeto foram realizados no reator CSTR encamisado do módulo didático de Reatores conforme figura 1, a uma temperatura de aproximadamente 25°C e uma vazão do sistema a fim de obter-se um tempo espacial (τ) de 1,0 minuto. Preparou-se uma solução de azul de metileno 1,0 g/L (0,1% em peso) e utilizou água como fluído de transporte.

O módulo dispõe de três reatores de mistura (podendo operar como batelada ou CSTR) encamisados em série, de volume aproximado de 500 mL (diâmetro interno de 80 mm) cada, munidos de medidores de temperatura e com pontos para coleta de amostras entre reatores. A vazão do sistema é proporcionada por duas bombas peristálticas, cada uma ligada a um reservatório para armazenamento de reagentes.



Figura 1- Módulo didático de Reatores do Laboratório de Engenharia Química.

A curva DTR foi obtida a partir da injeção de azul de metileno com o auxílio de uma seringa num reator CSTR com volume de aproximadamente 400 mL e com os seguintes valores de agitações 1434, 1545 e 1700 rpm. Em tempos pré-determinados foram coletadas amostras na saída do reator e posteriormente analisadas as suas absorbâncias através de um espectrofotômetro BEL PHOTONICS modelo 1105, no comprimento de onda de 625 nm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos experimentos nas três agitações são apresentados a seguir. Na Figura 2 é apresentado a distribuição do tempo de residência e na Tabela 1 o tempo médio de residência t_m e a variância σ^2.

Brazilian Journal of Development

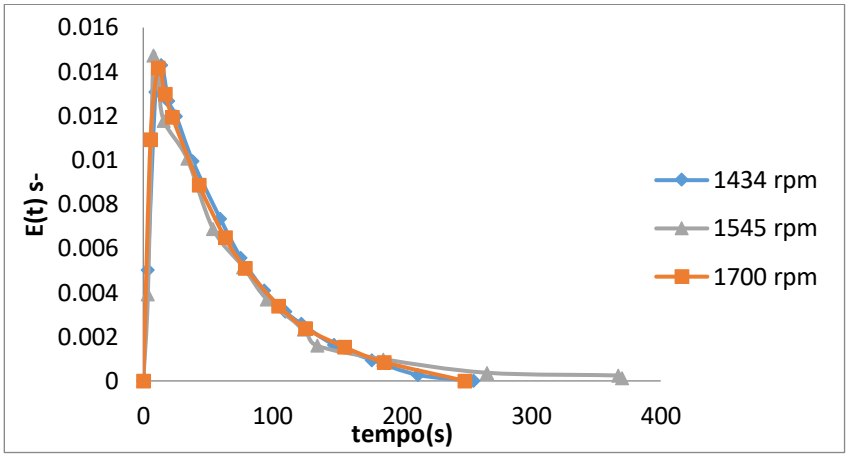


Figura 2 - Curvas DTR para o reator CSTR em diferentes agitações.

Na Figura 2, observa-se que todos os gráficos apresentam um pico inicial que sobe rapidamente, indicando a ocorrência do fenômeno de curto-circuito, em que uma parte do fluido entra no reator e sai quase que imediatamente, sem se misturar com toda a massa de fluido. Verifica-se também a presença de uma longa cauda, caracterizando a presença de zonas mortas, onde uma parte do traçador demanda um longo tempo para deixar o reator, inclusive este fenômeno diminui o volume operacional do CSTR.

Tabela 1 - Resultados obtidos para o reator CSTR.

Agitação (rpm)	**τ (min)**	**t_m (min)**	**σ^2 (min^2)**
1434	1	0,99	0,60
1545	1	1,20	1,34
1700	1	1,00	0,35

A partir da Tabela 1, nota-se que a variância para a agitação de 1545 rpm é bem superior aos demais valores de variância das agitações de 1434 e 1700 rpm. Isso pode ser explicado pelo comportamento do gráfico mostrado na Figura 2, em que a curva para 1545 rpm apresenta uma cauda muito maior do que as caudas das curvas para as agitações de 1434 e 1700 rpm.

Com base na Tabela 1, é verificado também que o fluido teve comportamento bem próximo ao ideal nas agitações de 1434 e 1700 rpm, pois o tempo médio de residência apresentou valor próximo ou igual ao tempo espacial. Sendo que, para agitação de 1434 rpm tem-se um tempo médio de residência menor do que o tempo espacial, o que indica uma maior predominância de curto-circuito em relação às zonas estagnadas. Como o tempo médio de

residência foi maior do que o tempo espacial para a agitação de 1545 rpm, logo é possível interpretar que houve uma maior predominância de zonas mortas nessa situação.

4 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho, foi possível concluir que houve pequenos desvios da idealidade nos três níveis de agitação, por meio da observação da ocorrência dos fenômenos de curto-circuito e presença de zonas mortas. Sendo que o reator com maior agitação (1700 rpm) apresentou um comportamento mais próximo do ideal seguido do reator a 1434 rpm e posteriormente, 1545 rpm.

A aplicação de aulas práticas envolvendo o estudo da não idealidade do reator CSTR a partir do conhecimento da sua DTR é muito enriquecedor para o aprendizado dos alunos, pois a aplicação das aulas práticas paralelo à teoria proporcionou uma maior facilidade de aprendizagem e um maior interesse pelo conteúdo.

REFERÊNCIAS

FOGLER, H. Scott, 1939- *Elementos de Engenharia Química das Reações Químicas.* 4. ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2009.

LEVENSPIEL, O. *Engenharia das Reações Químicas*. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2000.

LIMA, O. A. et al. *Distribuição de tempos de residência da polpa em células mecânicas de flotação.* Rem: Ver. Esc. Minas vol.58 no.3 Ouro Preto, Julho/Setembro 2005.