

PROTÓTIPO BAIXO CUSTO DE REATOR CSTR DESTINADO ÀS ATIVIDADES DO PROGRAMA DE EDUCAÇÃO TUTORIAL DE ENGENHARIA QUÍMICA

SANTOS, B. F.¹; MASSUQUETTO, J. K.¹; ALVES, R. S.¹; PARISE, M. R.²

¹Grupo PET-Engenharia Química, UTFPR, Campus Ponta Grossa, Email: brunnofabre@alunos.utfpr.edu.br¹, massuquetto@alunos.utfpr.edu.br¹, rafaela.2001@alunos.utfpr.edu.br¹, peteutfpr@gmail.com.; ²Tutora do Grupo PET-Engenharia Química, UTFPR, Campus Ponta Grossa, parise@utfpr.edu.br²

RESUMO: O Programa de Educação Tutorial de Engenharia Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Ponta Grossa tem o compromisso com uma formação acadêmica integral que combina os pilares de ensino, pesquisa e extensão. O presente trabalho visa a construção de um reator CSTR de baixo custo e que contemple as abordagens do grupo PET Engenharia Química. O intuito é poder levar o protótipo para escolas de ensino médio, através da atividade ‘*Venha Ser Engenheiro*’, além de conseguir demonstrar uma aplicação em escala reduzida para as indústrias. Os materiais utilizados visam um orçamento reduzido e um funcionamento não menos eficaz, conseguindo abranger todas as exigências e parâmetros de um reator CSTR. O reator em questão pode ser utilizado em práticas mais visuais, como a mistura de cores e também em uma reação mais elaborada, como a saponificação do acetato de etila.

Palavras-chave: CSTR; Engenharia Química; Reator; Baixo custo.

LOW COST PROTOTYPE OF CSTR REACTOR AIMED AT PROJECT ACTIVITIES CHEMICAL ENGINEERING TUTORIAL EDUCATION PROGRAM

ABSTRACT: *The Tutorial Education Program of Chemical Engineering of Federal University of Technology of Paraná - Ponta Grossa Campus is committed to comprehensive academic training that combines the pillars of teaching, research and extension. This present work aims to build a low-cost CSTR reactor that takes into account the approaches of the PET Chemical Engineering. The aim is to be able to take the prototype to high schools, through the ‘Venha Ser Engenheiro’ activity, in addition to being able to demonstrate a reduced-scale application for industries. The materials used for a reduced budget without compromising operational efficiency, managing to cover all the requirements and parameters of a CSTR reactor. The reactor in question can be used in more visual practices, such as mixing colors, and also in a more elaborate reaction, such as saponification of ethyl acetate.*

Keywords: CSTR; Chemical Engineering; Reactor; Low cost.

1. INTRODUÇÃO

O reator CSTR (“Continuous Stirred Tank Reactors”) é um tanque de mistura completa amplamente utilizado para reações em fase líquida, geralmente operando em estado estacionário. Nessas condições, temperatura, concentração e velocidade de reação são constantes no tempo e no espaço (FOGLER, 2009).

O grupo PET Engenharia Química da UTFPR, campus Ponta Grossa, desenvolve a atividade de extensão "Venha ser Engenheiro", que promove a interação com escolas municipais, estaduais e particulares, para levar informações sobre a universidade e o curso de Engenharia Química. É essencial que estudantes do ensino médio e fundamental tenham conhecimento sobre as oportunidades e desafios do futuro. Projetos como "Venha ser Engenheiro" possibilitam o contato com o ambiente universitário, ajudando-os a entender melhor as áreas de atuação da Engenharia Química e preparar-se para decisões acadêmicas e profissionais. No setor industrial, o protótipo de CSTR será útil para simulações em pequena escala, permitindo ajustes de parâmetros antes da implementação em larga escala, reduzindo riscos e custos.

Para enriquecer essas atividades, o grupo PET está construindo um protótipo de reator CSTR de baixo custo.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais

Os materiais a serem utilizados na construção do protótipo são:

Arduino 5V 16MHz ; - 2 Bombas peristálticas (5W); - Conexão de mangueira tipo "T"; - Mangueira para ligação Cristal transparente PVC 8mm 5/16 x 1 mm; - 2 Módulos relé 1 canal 5V; - Motor elétrico de ventilador; - 2 Potenciômetros linear com eixo estriado; - Protoboard 400 pontos; - Resistência elétrica 4600W; - 3 Resistores 1k $\frac{1}{4}$ w; - Tanque Acrílico redondo 5l; - Termopar Tipo K com módulo; - Torneira PVC $\frac{1}{2}$ "; - 2 Transistores TIP 125; -Pá de batedeira plana de $\frac{1}{4}$; -Filamento PLA 1,75 mm.

2.2 Descrição do protótipo

O protótipo de reator CSTR, mostrado na Figura 1a, é composto por uma base de PLA (1) e um tanque principal (2) feito de acrílico, com 20,6 cm de diâmetro interno e 20,6 cm de altura, possuindo uma saída localizada na parte inferior (3) e uma entrada na parte superior conectada ao misturador (4). O tanque principal possui uma tampa com chicanas embutidas (5) com a finalidade evitar a formação de vórtice. A tampa possui uma entrada para o agitador mecânico no qual é formado por um motor elétrico (6) de ventilador e uma pá para agitação (7). Possuindo, também, entradas para alocar uma resistência elétrica (8) e um sensor de temperatura (9). O misturador com formato "T" (4) é acoplado às mangueiras (10) de saída das bombas (11, 12). As bombas transportam os reagentes dos tanques de alimentação para o reator.

Essa abordagem permite que não seja necessário a utilização de tanques de alimentação fixos, o que permite a operação com tanques de plástico ou com recipientes de vidro em modo isotérmico.

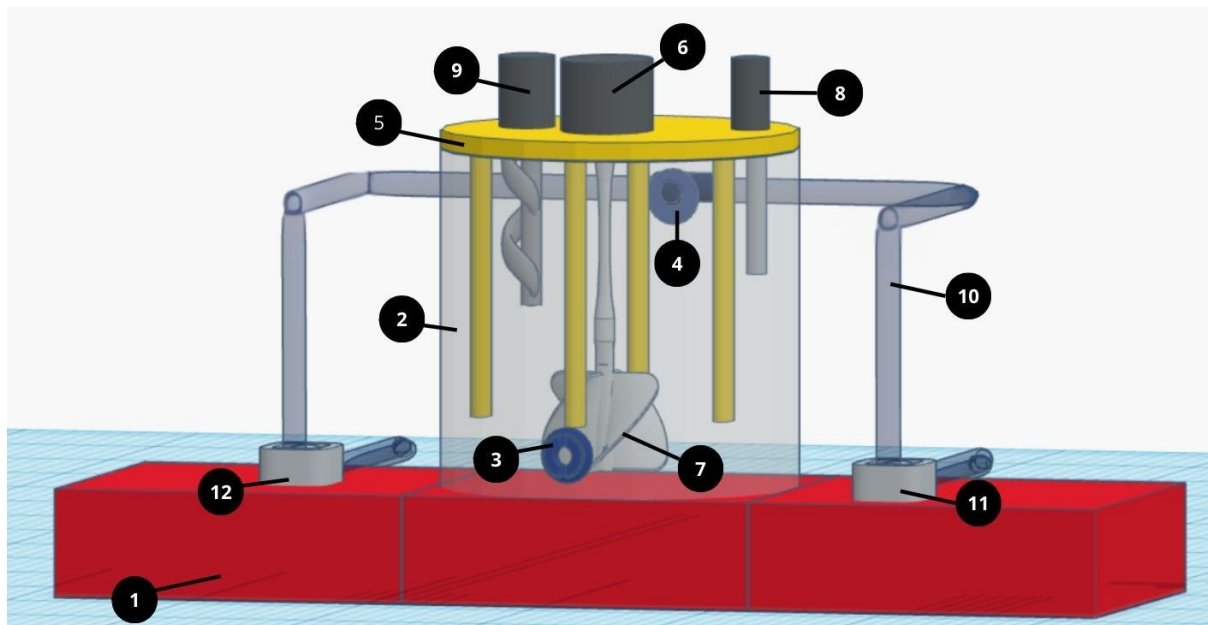


Figura 1a: Modelo 3D do protótipo de reator CSTR.

Fonte: Autoria própria (2024).

A Figura 1b ilustra o modelo 2D do protótipo com suas respectivas dimensões.

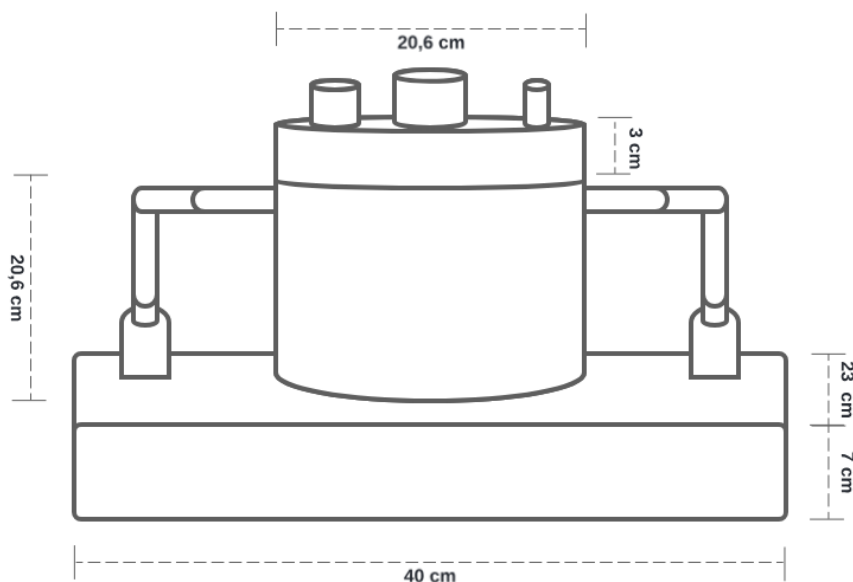


Figura 1b: Modelo 2D do protótipo de reator CSTR.

Fonte: Autoria própria (2024).

2.3 Funcionamento

No projeto, serão utilizados dois módulos móveis, de acordo com o intuito da prática, conectados às mangueiras que levam ao reator principal. Para o ajuste de fluxo, a fim de não gerar acúmulo no reator, serão utilizadas bombas, as quais serão responsáveis por regular o fluxo dos reagentes a serem injetados no reator. Haverá um misturador para que seja realizada uma mistura prévia dos reagentes. A alimentação do tanque principal, o reator, será pela parte superior. Os reagentes vão ser continuamente homogeneizados por um agitador mecânico interno, alimentado por um motor no topo do reator. Após o término da reação, os produtos serão removidos por uma torneira situada na parte inferior do reator.

O projeto do reator em questão tem seus equipamentos para controle inseridos dentro da base do protótipo (11). O controle da temperatura será realizado através de um termostato, inserido no topo do tanque principal. Para o controle da temperatura da mistura no reator, o termostato transmitirá ao arduino a temperatura do interior do reator, a qual será regulada por uma resistência elétrica. Serão utilizados potenciômetros conectados a um arduino, com a finalidade de regular a potência da bomba e, conseqüentemente, o fluxo dos reagentes na reação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.2 Aplicações

3.2.1 Utilização de corantes para simular visualmente uma reação química ocorrendo em um reator CSTR

Uma prática interessante para estudar o comportamento de um reator CSTR é a utilização de corantes para simular a dispersão de reagentes e produtos ao longo do processo de reação. A prática tem como objetivo visualizar a dinâmica de mistura e a distribuição das cores em um reator CSTR utilizando corantes como traçadores. Essa abordagem permite visualizar e entender o comportamento de mistura e a homogeneidade alcançada no sistema.

O procedimento experimental consiste em:

1. Encher o tanque do reator com água até o nível de operação desejado;
2. Ajustar o misturador para uma velocidade que garanta uma mistura homogênea no reator;
3. Preparar duas soluções de corantes, uma de cada cor, em cada tanque de armazenamento;

4. Utilizar o sistema de alimentação para introduzir simultaneamente as soluções de corantes no reator. A vazão de alimentação deve ser igual a de saída do reator, para garantir o funcionamento de um reator CSTR;
5. Armazenar o líquido que sai do reator com a mistura das cores.

Dessa forma, é possível visualizar a formação e a distribuição das cores no reator, dependendo da taxa de alimentação de cada tanque e da eficiência do misturador. Desse modo, será possível observar padrões de mistura, como zonas de diferentes cores antes da completa homogeneização.

3.2.2 Saponificação do Acetato de Etila:

Outra prática seria a saponificação do Acetato de Etila, na qual é uma reação química clássica onde um éster reage com uma base para formar um álcool e um sal de ácido carboxílico, a qual pode ser representada pela reação química abaixo:



em que,

$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ - acetato de etila;

NaOH - hidróxido de sódio;

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ - etanol;

CH_3COONa - acetato de sódio.

Nesta prática, a reação de saponificação será conduzida no protótipo de reator CSTR, e um pHmetro será utilizado para monitorar as concentrações dos reagentes ao longo do processo. Essa abordagem permite realizar cálculos de conversão do sistema e determinação das concentrações, promovendo uma visualização prática da dinâmica da reação, levando a uma compreensão mais profunda dos conceitos de cinética química e eficiência de reatores. Desse modo, as concentrações de Acetato de Etila (A) e Hidróxido de Sódio (B) podem ser determinadas com o auxílio de um pHmetro. Através da dissociação do Hidróxido de Sódio (NaOH), é possível calcular a variação da concentração de íons hidróxido $[\text{OH}^-]$ presentes na reação ao longo do tempo, e consequentemente, determinar as concentrações de A e B. Como a estequiometria da reação é de 1:1, a variação da concentração de NaOH é equivalente à variação da concentração de Acetato de Etila $[\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2]$. Sendo assim, é possível obter os valores das concentrações de A e B ao longo do tempo. Com esses valores, é possível também calcular a conversão obtida no sistema (Pires, Martins e Coelho 2019).

Com isso, pode-se considerar que esta prática é fundamental para entender a dinâmica de reações químicas em reatores CSTR, o que permite uma análise da cinética de reação e da eficiência do reator, sendo possível obter dados relevantes para o aprendizado.

4. CONCLUSÕES

Com a construção de um protótipo de um CSTR pretende-se obter um equipamento de baixo custo, o qual é capaz de ser utilizado como uma ferramenta didática em práticas laboratoriais, para a obtenção de dados e parâmetros cinéticos, atividades acadêmicas no ambiente universitário e na realização de práticas mais visuais. A utilização de um protótipo de reator CSTR oferece benefícios significativos para a formação teórica e prática dos estudantes, além de facilitar a integração entre os acadêmicos e o seu futuro profissional.

5. AGRADECIMENTOS

À tutora, Maria Regina Parise, por nos guiar e ajudar no dentro do projeto.

À UTFPR, pela infraestrutura e conhecimento.

Ao FNDE/MEC, pela bolsa do Programa de Educação Tutorial (PET).

6. REFERÊNCIAS

PIRES, João Felipe de Moraes. MARTINS, Daiane Micaelly. COELHO, Filipe Alves. Construção de reatores contínuos: Tanque agitado e Reator Tubular para avaliação de desempenho na reação de saponificação do Acetato de Etila. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 04, Ed. 10, Vol. 02, p. 176-200, outubro de 2019.

FOGLER H.S, **Elementos de Engenharia das Reações Químicas**. 4. ed. Editora LTC, 2009.