



**Impactos das  
Tecnologias na  
Engenharia Química**

---

**Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)**

**Atena**  
Editora

Ano 2019

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química

Atena Editora  
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Natália Sandrini e Lorena Prestes

Revisão: Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

134	Impactos das tecnologias na engenharia química [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 1)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-237-1 DOI 10.22533/at.ed.371190304  1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.  CDD 660.76
-----	--

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Inovações tecnológicas surgem a todo o momento, em todo o mundo, sendo utilizadas como uma ferramenta estratégica para manutenção e crescimento dos negócios nas indústrias. A Engenharia Química foi uma das carreiras que mais contribuiu para a evolução da Era Industrial para a Era Moderna.

A preocupação em desenvolver produtos e processos de produção torna a Engenharia Química responsável por pesquisas e projetos em relação aos materiais que passam por mudanças físicas e químicas, adquirindo outras características.

A Engenharia Química trabalha com a manipulação de compostos e substâncias para se criar novos produtos. Estes produtos proporcionam uma melhoria na qualidade de vida humana, pois além de pesquisas relacionadas, existe a preocupação em viabilizar as invenções, criar métodos baratos e eficientes de fabricação em massa, implementando processos químico-industriais cada vez melhores, mais econômicos e mais ecológicos.

Neste primeiro volume, organizado para você, apresentamos o papel do Engenheiro Químico no mercado de trabalho, pois este aplica conhecimentos adquiridos no estudo de Química e de Engenharia para criar soluções voltadas à produção ou ao uso de substâncias químicas. É o profissional que constrói um elo entre a ciência e a manufatura. Cabe ao engenheiro químico lidar com a formulação e a solução de problemas associados à indústria química, bem como trabalhar na operação e manutenção de sistemas. Também são expostos, neste volume, trabalhos relacionados ao ensino teórico e prático de Engenharia Química.

Além disso, encontram-se trabalhos relacionados com aplicações estatísticas, simulações e otimização de processos para melhoria de utilização de produtos e subprodutos. Assim como são expostos trabalhos de caracterização de materiais e alterações em processos químicos utilizando novas técnicas de análise de produto, avaliando comportamento, característica de sistemas, propriedades físico-químicas e alteração de composição de produtos já utilizados no mercado.

Baseado nestes trabalhos, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos na área da Engenharia Química. Os trabalhos selecionados oportunizam uma nova visão de materiais, processos e técnicas na área, mostrando o impacto tecnológico no desenvolvimento da indústria e sua relação direta com a sociedade e meio ambiente.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
O PAPEL DO ENGENHEIRO QUÍMICO NO MERCADO DE TRABALHO: PRODUÇÃO DE UM GUIA PRÁTICO DIGITAL DESTINADO AOS GRADUANDOS E DEMAIS INTERESSADOS NA PROFISSÃO	
Raphael Carlos Rosa Pereira Eder Dias da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.3711903041	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
GAMEQ: JOGO PARA O ENSINO NA ENGENHARIA QUIMICA	
Riccardo Cafagna Miguel do Valle Fróes Negreiros Falcão Felipe Emmanouil Martires Stamoglou Ana Lucia Barbosa de Souza Ewerton Emmanuel da Silva Calixto Fernando Luiz Pellegrini Pessoa	
DOI 10.22533/at.ed.3711903042	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>17</b>
ELABORAÇÃO E AUTOMAÇÃO DE PROTÓTIPO DE REATOR CSTR CONSTRUÍDO COM MATERIAIS DE BAIXO CUSTO VOLTADO À EDUCAÇÃO DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Sauro Franceschi de Carvalho Emeson de Souza Lemos Kevelyn Carolina Motta Sbravati	
DOI 10.22533/at.ed.3711903043	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>27</b>
PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE MÓDULO CONTÍNUO A PARTIR DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO COMO IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA QUÍMICA	
Cristiane Daliassi Ramos de Souza Igor Moraes Bezerra Calixto Sauro Franceschi de Carvalho Matheus Macedo Teixeira Rafaela Misseia Cinque de Lima Marco Antônio de Alcântara Rocha	
DOI 10.22533/at.ed.3711903044	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>36</b>
O SIMULADOR DO FUTURO APLICADO À INDÚSTRIA	
Fernanda Martins	
DOI 10.22533/at.ed.3711903045	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>43</b>
TERMODINÂMICA QUÍMICA – COMPREENDENDO DE FORÇAS INTERMOLECULARES A COEFICIENTE DE ATIVIDADE	
Lisandra Ferreira de Lima Admilson Lopes Vieira	
DOI 10.22533/at.ed.3711903046	

<b>CAPÍTULO 7 .....</b>	<b>53</b>
DETERMINAÇÃO DE CURVAS DE EQUILÍBRIO SÓLIDO-LÍQUIDO DE SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS (DES) EMPREGANDO A CALORIMETRIA EXPLORATÓRIA DIFERENCIAL (DSC)	
Helena Pletsch Mariana Carolina Gipiela Corrêa Dias Marcos Rogério Mafra	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903047</b>	
<b>CAPÍTULO 8 .....</b>	<b>59</b>
ANÁLISE E DIAGNÓSTICO DE FALHAS POR TÉCNICAS ESTATÍSTICAS APLICADAS A SISTEMAS DE BOMBEAMENTO HIDRÁULICO	
Rebeca Albino de Jesus Ezequiel José da Silva Honorato Fábio George Nogueira Cruz José Nilton Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903048</b>	
<b>CAPÍTULO 9 .....</b>	<b>73</b>
COMPARAÇÃO DE PERFIS DE VELOCIDADE OBTIDOS POR TUBO DE PITOT E POR SOFTWARE DE SIMULAÇÃO ANSYS CFX	
Victor Felipe Arthur Coutinho Ladeia Rosilanny Soares Carvalho Anna Clara Marques de Queiroz João Carlos Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3711903049</b>	
<b>CAPÍTULO 10 .....</b>	<b>80</b>
ENGENHARIA DE PROCESSOS: DIMENSIONAMENTO, SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DE SISTEMAS DE EVAPORAÇÃO MÚLTIPLO EFEITO DE INDÚSTRIAS DE CELULOSE <i>KRAFT</i>	
Jamilly Marques Gasparoni Cássia Regina Santos Nunes Almeida Gustavo Matheus de Almeida	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030410</b>	
<b>CAPÍTULO 11 .....</b>	<b>96</b>
PROJETO DE HIDROCICLONES USANDO OTIMIZAÇÃO ROBUSTA E ESTUDO DO EFEITO DA ROBUSTEZ	
Vitor Alves Garcia Fran Sérgio Lobato Luiz Gustavo Martins Vieira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030411</b>	
<b>CAPÍTULO 12 .....</b>	<b>111</b>
SELEÇÃO DE VARIÁVEIS E CONTROLE DE COMPOSIÇÃO POR INFERÊNCIA DE TEMPERATURA EM PROCESSO PRODUTIVO DO ETILBENZENO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Marcelo da Silva Pedro Jonas Laedson Marinho da Silva Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030412</b>	

<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>119</b>
INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE PH, TEMPERATURA E TEMPO DE VAPORIZAÇÃO NO PROCESSO DE TINGIMENTO DE TECIDOS	
Wanyr Romero Ferreira Wilson Costa Resende Aline Pereira Leite Nunes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030413</b>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>128</b>
ANÁLISE CORROSIVA DO AÇO 304 QUANDO SUBMETIDO AO PROCEDIMENTO DE GALVANOPLASTIA	
Renata de Oliveira Marinho Marcelo Batista Queiroz Eudesio Oliveira Vilar Márcia Cristina de Sousa	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030414</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>140</b>
EFEITO DA DENSIDADE DE CORRENTE NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DE REVESTIMENTOS DE Co-W OBTIDOS POR ELETRODEPOSIÇÃO	
Arthur Filgueira de Almeida Bianca Oliveira Evaristo Josiane Dantas Costa Mikarla Baía de Sousa Nathália Cristina Morais Lia Fook Renato Alexandre Costa de Santana Ana Regina Nascimento Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030415</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>148</b>
FILTRO DE KALMAN ESTENDIDO E REDE NEURAL ARTIFICIAL NA ESTIMATIVA DE CONCENTRAÇÃO EM UM REATOR QUÍMICO NÃO ISOTÉRMICO	
Arioston Araújo de Moraes Júnior Leopoldo Oswaldo Alcazar Rojas Marcelo da Silva Pedro Paulo Romero de Araujo Mariz Emanuella Francisca de Lacerda Vieira Jonas Laedson Marinho da Silva Santos Rodrigo Marinho Guimarães	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030416</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>153</b>
COMPÓSITO DE NANOCELULOSE BACTERIANA E NANOTUBOS DE CARBONO	
Guilherme Colla Vinícius Heidemann de Souza Fernanda Vieira Berti Luismar Marques Porto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030417</b>	

<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>160</b>
IMOBILIZAÇÃO DE COLÁGENO HUMANO TIPO I EM MEMBRANAS DE NANOCELULOSE BACTERIANA	
Ana Carolina Jorge Meyer Emily Marques dos Reis Luismar Marques Porto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030418</b>	
<b>CAPÍTULO 19</b> .....	<b>167</b>
CENTRIFUGATION STEP CONTROL OF CELLULOSE NANOCRYSTALS SUSPENSION BY pH AND TURBIDITY MEASUREMENTS	
Mayara Felix Santana Bárbara Castro Moreira Flávia Mitsue Yamashita Nilda de Fátima Ferreira Soares José Mauro de Almeida Alvaro Vianna Novaes de Carvalho Teixeira Deusanilde de Jesus Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030419</b>	
<b>CAPÍTULO 20</b> .....	<b>173</b>
ESTUDO TERMODINÂMICO DA ADSORÇÃO DO CORANTE CRISTAL VIOLETA EM NANOTUBOS DE CARBONO FUNCIONALIZADOS	
Leonardo Martins Vargas Gabriel Facciochi Dörtzbacher Guilherme Luiz Dotto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030420</b>	
<b>CAPÍTULO 21</b> .....	<b>181</b>
ESTUDO DA REOLOGIA E DA SALINIDADE DE MICROEMULSÕES À BASE DE GLICERINA PARA SEREM UTILIZADAS NA RECUPERAÇÃO DE PETRÓLEO	
Amanda Brito de Carvalho Fabiola Dias da Silva Curbelo Elayne Andrade Araújo Alfredo Ismael Curbelo Garnica	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030421</b>	
<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>196</b>
ORGANOFILIZAÇÃO DE ARGILAS BENTONÍTICAS PARA APLICAÇÃO EM FLUIDOS DE PERFURAÇÃO BASE MICROEMULSIONADA	
Renata Rodrigues Magalhães Roxana Pereira Fernandes de Sousa Alfredo Ismael Curbelo Garnica Fabiola Dias da Silva Curbelo Thaine Taumaturgo Caminha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030422</b>	

<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>201</b>
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E VOLUMÉTRICAS DO QUEROSENE DE AVIAÇÃO E DO BIOQUEROSENE	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Idila Rafaela Carvalho Gonçalves</li> <li>Ana Clara Cazarin Queiroz</li> <li>Luciana Loureiro de Pinho Rolemberg de Andrade</li> <li>Silvia Maria Zanini Sebrão</li> <li>Krishnaswamy Rajagopal</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030423</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>210</b>
AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE TINTAS ACRÍLICAS COMERCIAIS E ADITIVADAS COM CARGA CONDUTORA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alex da Silva Sirqueira</li> <li>Monica Cristina dos Santos Vieira</li> <li>Monica Feijó Naccache</li> <li>Stanley Pires de Alcântara</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>222</b>
EFEITO DA ADIÇÃO DA CINZA GASEIFICADA DE CARVÃO PULVERIZADO NA FORMULAÇÃO DE CERÂMICA VERMELHA	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gabryella Cerri Mendonça</li> <li>Cristiano Corrêa Ferreira</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030425</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>232</b>
TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM SISTEMAS PARTICULADOS: DETERMINAÇÃO DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA EFETIVA DE FERTILIZANTES GRANULADOS NA ESTAGNAÇÃO DE AR	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Hugo Perazzini</li> <li>Maisa Tonon Bitti Perazzini</li> <li>Rayssa Caroline Ribeiro Bernardes</li> <li>João Marcos Cardoso Silva</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030426</b>	
<b>CAPÍTULO 27</b> .....	<b>248</b>
DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE DA UREIA EM SOLUÇÕES AQUOSAS DE ETANOL	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Raquel de Oliveira Silva</li> <li>Ana Paula Silva Capuci</li> <li>Raíssa Araújo de Oliveira Campos</li> <li>Ricardo Amâncio Malagoni</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030427</b>	
<b>CAPÍTULO 28</b> .....	<b>255</b>
CALIBRAÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO COM ALTAS VAZÕES E VISCOSIDADES ELEVADAS: UMA ALTERNATIVA TÉCNICA À LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE ROYALTIES E PARTICIPAÇÕES ESPECIAIS	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Carlos Eduardo Ribeiro de Barros Barateiro</li> <li>Romulo Carlos da Silva Emerik</li> </ul>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.37119030428</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>271</b>

## PROJETO DE DIMENSIONAMENTO DE MÓDULO CONTÍNUO A PARTIR DE MATERIAIS DE BAIXO CUSTO COMO IMPLEMENTAÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL DE ENGENHARIA QUÍMICA

### **Cristiane Daliassi Ramos de Souza**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Engenharia Química  
Manaus – AM

### **Igor Moraes Bezerra Calixto**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Engenharia Química  
Manaus – AM

### **Sauro Franceschi de Carvalho**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Engenharia Química  
Manaus – AM

### **Matheus Macedo Teixeira**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Engenharia Química  
Manaus – AM

### **Rafaela Misseia Cinque de Lima**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Engenharia Química  
Manaus – AM

### **Marco Antônio de Alcântara Rocha**

Universidade Federal do Amazonas,  
Departamento de Engenharia Química  
Manaus – AM

**RESUMO:** O projeto de construção de equipamentos funcionais em pequena escala e de baixo custo teve como objetivo proporcionar uma ferramenta didática alternativa para uma melhor aprendizagem dos discentes

no ensino de Engenharia Química na Universidade Federal do Amazonas. Diante disto foi construído um módulo didático com uma unidade do reator, bombas, aquecedor com controle de temperatura por arduino, entre outros, para proporcionar uma boa utilização deste equipamento futuramente. Em paralelo a construção do módulo foi realizada uma pesquisa de opinião, com alunos que cursaram ou vão cursar a disciplina Cinética e Reatores II, para fazer um levantamento sobre a compreensão destes alunos com respeito ao funcionamento dos reatores e a aplicação em atividades experimentais para o curso de Engenharia Química. Foi observada uma grande necessidade de projetos como esse, que possibilitem visualizar e aplicar a teoria aprendida nas disciplinas formativas, tanto para os alunos que já cursaram quanto para os que ainda vão cursar a disciplina de Cinética e Reatores II, como previsto na teoria.

**PALAVRAS-CHAVE:** Projeto; Módulo Didático; Cinética e Reatores.

**ABSTRACT:** The project to build low-cost functional equipment in small scale aimed to provide an alternative didactic tool for a better learning of students in the teaching of Chemical Engineering at the Federal University of Amazonas. In view of this a didactic module was built with a reactor unit, pumps, heater with

temperature control by arduino, among others, to provide a good use of this equipment in the future. In parallel with the construction of the module, an opinion survey was carried out, with students who studied or will attend the discipline Kinetics and Reactors II, to make a survey about the understanding of these students regarding the operation of the reactors and the application in experimental activities for the course in Chemical Engineering. It was observed a great need for projects like this one, which make it possible to visualize and apply the theory learned in the training disciplines, both for students who have already studied and for those who are still going to study Kinetics and Reactors II, as foreseen in theory.

**KEYWORDS:** Project; Didactic Module; Kinetics and Reactors.

## 1 | INTRODUÇÃO

O curso de graduação em Engenharia Química na UFAM foi criado no ano de 2010 buscando atender uma alta demanda de profissionais dessa área para o Polo Industrial de Manaus. Segundo o projeto pedagógico do curso, os discentes formados devem possuir inúmeros atributos, destacando-se a capacidade de gerenciar projetos de organizações, seja de execução, direção, planejamento, entre outros.

Diante disso, com o objetivo de aprimorar a formação do alunado do curso são feitas diversas atividades extracurriculares que possibilitam o crescimento pessoal e acadêmico para os discentes. Partindo-se dos atuais desafios para a qualificação do ensino na instituição, foi desenvolvido um projeto de extensão semestral cujo objetivo foi o planejamento, a elaboração e a construção do módulo de reator contínuo de custo acessível e potencialmente funcional para uso posterior no Laboratório de Engenharia Química.

Para um melhor aprendizado dos alunos, somente as aulas teóricas apresentadas em sala de aula não são suficientes para auxiliar o discente na compreensão de fenômenos e conceitos dos assuntos programáticos das disciplinas, principalmente quando são apresentados apenas a fundamentação teórica com utilização de fórmulas, teoremas e axiomas (VILELA *et al.*, 2007).

Logo, o desenvolvimento de atividades experimentais no ensino superior é parte integrante do progresso acadêmico do discente do curso, uma vez que é necessário para o profissional formado ter compreensão prática do funcionamento de equipamentos como os reatores contínuos. No entanto, por diversos fatores, existem barreiras que dificultam o acesso dos alunos às práticas experimentais na instituição. Assim, a realização deste projeto apresentou a contribuição por integrar a comunidade acadêmica do curso fazendo com que os alunos pudessem ter uma aprendizagem mais bem embasada e fundamentada.

É apresentado no curso de Engenharia Química a disciplina de Cinética e Reatores II que mostra a influência dos fundamentos termodinâmicos e dos fenômenos de transporte na cinética química com conceitos como o fenômeno de taxa que

permite projetar reatores baseados em balanços de massa, energia e quantidade de movimento.

Sabe-se que para o projeto de construção de reatores ideais como o reator CSTR é necessário que as moléculas reagentes tenham o mesmo tempo de residência médio no tanque e a concentração seja igual e a mesma na saída do reator, sendo assim a mistura considerada uniforme (SCHMAL, 2010).

De acordo com FOGLER (2002), no caso de reatores contínuos, a concentração varia com uma variável que é equivalente ao tempo, denominada tempo espacial, que é medida em função do volume do reator e do fluxo de entrada do fluido ou da velocidade de entrada do fluido. O fluxo é medido experimentalmente utilizando o rotâmetro ou o bolhômetro.

Desta forma, avaliou-se a necessidade da observação de práticas experimentais em reatores para o aprendizado e envolvimento dos alunos na disciplina de Cinética e Reatores II. Portanto, a partir da construção do módulo de reator contínuo foi apresentado seu funcionamento aos alunos de engenharia química para uma pesquisa de opinião sobre a relevância dessa ferramenta didática no ensino, com alunos que cursaram ou vão cursar a disciplina de Cinética e Reatores II.

## **2 | METODOLOGIA**

A construção do módulo de reator contínuo funcional e de baixo custo foi possível devido ao projeto de extensão desenvolvido pela docente da disciplina de Cinética e Reatores junto a alunos de graduação.

### **2.1 Levantamento Bibliográfico**

Como conhecimento prévio do assunto abordado foram feitas pesquisas relacionadas a ementas e planos de ensino de diversas universidades, com isto observou-se que em unanimidade são realizadas práticas com equipamentos de bancada referentes ao estudo e cálculo de reatores.

As práticas realizadas em geral têm o objetivo de determinar como duas substâncias comportam-se quando suas reações e transferências de massa e calor, controlando as vazões e temperaturas do sistema. Assim, o módulo construído com materiais de baixo custo, opera de forma a agregar todos os resultados de uma prática realizada de forma convencional.

### **2.2 Montagem do Aparato Experimental**

#### *2.2.1 Material Utilizado*

Os principais materiais utilizados para a construção do módulo de reator contínuo

foram o painel de madeira, três tanques de plástico, três torneiras, uma mangueira, uma hélice, duas bombas, um motor elétrico utilizado no ventilador e uma resistência elétrica de 4500 Western (comum para aquecedor de água).

### 2.2.2 Procedimento para montagem

As torneiras foram acopladas nos três tanques de plástico, certificando-se de que não havia vazamento. Posteriormente, instalaram-se as bombas entre os tanques e para ligar os sistemas foram utilizadas as mangueiras. O motor com hélice foi instalado junto ao painel de madeira e por fim o aquecedor e sensor foram acoplados ao tanque principal (reator CSTR), conforme mostra a Figura 1.

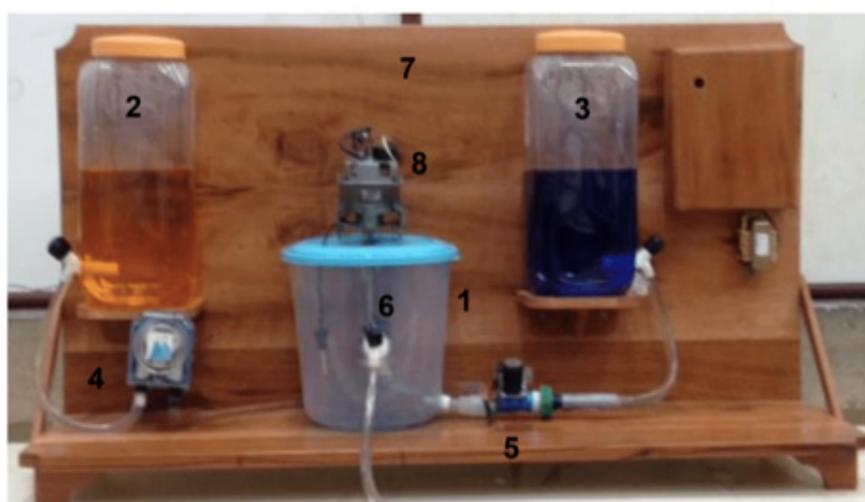


Figura 1. Módulo de reator CSTR construído com baixo custo em operação.

A partir da Figura 1, observa-se que o aparato experimental utilizado foi: 1 - Reator CSTR, 2 e 3 - tanque, 4 - bomba peristáltica, 5 - bomba solenoide, 6 - hélice, 7 - painel e 8 - motor.

### 2.3 Pesquisa de Opinião

A pesquisa foi realizada entre alunos do curso de Engenharia Química da UFAM como uma forma de avaliar a opinião dos discentes sobre a importância das atividades experimentais no decorrer do curso e a relevância de projetos como este para o crescimento e melhoria dos laboratórios. Cerca de trinta e cinco alunos, que cursaram ou não a disciplina de Cinética e Reatores, responderam à pesquisa.

O questionário desenvolvido continha perguntas de múltipla escolha, conforme a condição de o aluno ter cursado ou não a disciplina. A seguir é apresentado a sequência de perguntas contidas no questionário.

1) Você está cursando qual período do curso de Engenharia Química?

2) Você já cursou o módulo Cinética e Reatores?

Sim;  Não

Para resposta positiva:

3) Se sim, você ainda tem alguma dificuldade no entendimento prático de como funcionam os reatores?

Muito;  Razoável;  Pouco;  Nenhum

4) Você acredita que o desenvolvimento de projetos de construção de equipamentos caseiros e de baixo custo no curso auxiliam no processo didático de aprendizagem e fixação dos conteúdos abordados em Cinética e Reatores?

Sim;  Não

5) Qual seria o grau de contribuição que este projeto de construção de equipamentos caseiros em escala laboratorial possibilitaria para o grupo discente da universidade?

Muito relevante;  Relevante;

Pouco relevante;  sem relevância

6) Como você avalia que o desenvolvimento de projetos de construção de equipamentos caseiros e de baixo custo de Engenharia Química podem contribuir para a ampliação dos laboratórios do curso na UFAM?

Grande contribuição;  Baixa Contribuição;  Não contribui

Para resposta negativa:

3) Caso não, você participaria de projetos futuros de construção de equipamentos caseiros e de baixo custo na área de Cinética e Reatores?

Sim;  Não;  Não sei

4) Você já teve acesso as aulas práticas nos laboratórios de Engenharia Química da UFAM?

Sim, somente no Laboratório de Processos

Sim, somente no Laboratório de Qualidade

Sim, nos dois laboratórios

Não

5) Se sim, você acredita que o desenvolvimento de projetos de construção de equipamentos de baixo custo pode contribuir para a melhoria dos laboratórios do curso?

Sim;  Não;  Não se aplica

6) Você tem dificuldades nas atividades experimentais do curso de Engenharia Química?

Bastante;  Razoável;  Pouca;  Nenhuma

7) Como você avalia este projeto no crescimento da aprendizagem prática dos alunos do curso?

Excelente;  Bom;  Regular;  Ruim

### 3 | RESULTADOS

A realização do projeto de construção do reator contínuo e de baixo custo pelos discentes do curso de Engenharia Química mostrou ser de grande relevância para

a compreensão das diversas funcionalidades que a atividade prática fornece como ferramenta didática de ensino. O reator contínuo foi projetado com materiais simples, de fácil acesso e de custo relativamente acessível no mercado. O orçamento total para a realização do projeto foi reduzido, obtendo uma economia importante se comparado ao mesmo equipamento pelo preço de mercado das principais fornecedoras do ramo.

Diante da importante integração entre o conhecimento teórico e a parte experimental na formação do engenheiro químico, entende-se que a realização de projetos de extensão é de essencial valia para a melhoria das ferramentas atuais de ensino da área para destacar possíveis potenciais profissionais futuros. Desta forma, realizou-se uma pesquisa de opinião com universo amostral de 35 discentes de Engenharia Química para avaliar a efetividade de projetos desse tipo no aperfeiçoamento nas instituições superiores do país.

Para a realização da pesquisa foram realizadas diferentes perguntas que abordavam a eficácia de projetos de construção de equipamentos de baixo custo nas subáreas de Engenharia Química avaliando também a qualidade do projeto desenvolvido atualmente. Assim, a partir disso, é possível avaliar estatisticamente como o alunado atual do curso pensa a respeito da realização desses tipos de atividades extracurriculares.

Através da pesquisa verificou-se que 70% dos alunos entrevistados já cursaram as disciplinas referentes ao módulo de Cinética e Reatores e 88% dos discentes consideram a contribuição importante para o aumento do maquinário existente nos laboratórios de Engenharia Química enquanto apenas 12% consideram que este projeto não contribuiria para o portfólio dos laboratórios do curso.

A Figura 2 mostra um gráfico de barras com a tendência verificada no curso quanto ao nível de dificuldade de aprendizagem das disciplinas do módulo Cinética e Reatores. Percebe-se que a maioria dos discentes entrevistados consideram que possuem o nível razoável de dificuldade quanto às teorias abordadas em Cinética e Reatores.

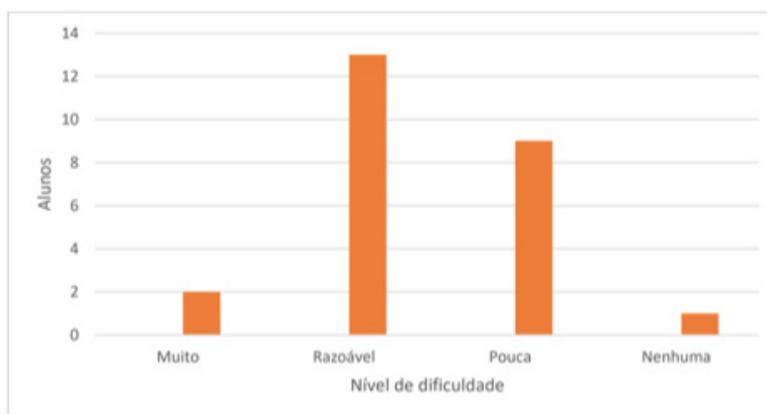


Figura 2. Avaliação do grau de dificuldade dos alunos na disciplina de Cinética e Reatores.

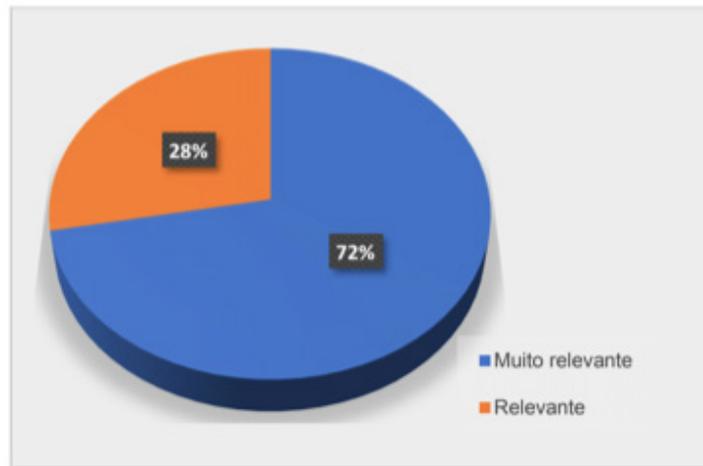


Figura 3. Avaliação do grau de dificuldade dos alunos na disciplina de Cinética e Reatores.

A Figura 3 apresenta um gráfico que aborda a relevância deste projeto para o corpo discente do curso. Observa-se que 72% dos alunos avaliados consideram de grande relevância a aplicação de projetos de construção de equipamentos simples, funcionais e de pequena escala em Cinética e Reatores. Por sua vez, 28% dos entrevistados avaliam o projeto com relevância, enquanto nenhum dos discentes avaliou este projeto como sem relevância como ferramenta didática importante de ensino.

Outro questionamento abordado foi sobre a familiaridade que os discentes tinham nas atividades experimentais de Engenharia Química sendo possível observar os resultados a partir da Figura 4.

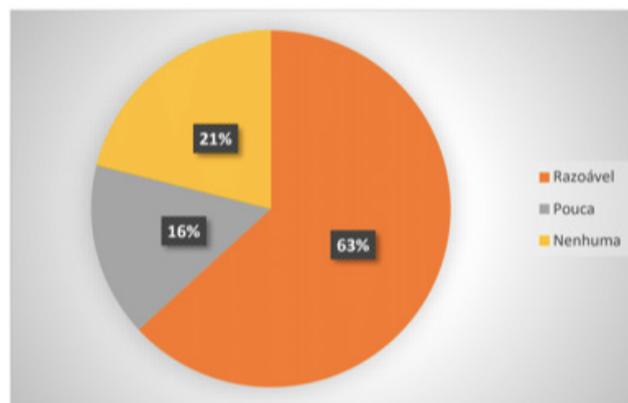


Figura 4. Avaliação do nível de dificuldade dos alunos em atividades experimentais.

Entende-se que a maioria dos discentes ainda apresentam dificuldade na compreensão do funcionamento dos equipamentos das aulas práticas, enquanto que, 37% dos alunos possuem pouca ou nenhuma dificuldade na execução de práticas de reatores e áreas afins de Engenharia Química.

Como pôde-se observar, verifica-se que a realização de atividades extracurriculares como a elaboração e construção de equipamentos úteis e de baixo custo são considerados relevantes pelo grupo analisado visto que a grande maioria

acredita que seja uma ferramenta didática vital para embasar o conhecimento prático dos alunos. Além disso, avalia-se que a experiência adquirida nestes projetos contribui para a compreensão da importância da vida profissional em vias mais práticas.

O projeto também possibilitou visualizar e aplicar a teoria aprendida nas disciplinas formativas e assim poder considerar que é uma ferramenta válida e enriquecedora para o meio acadêmico e profissional. Além disso, sabe-se que ainda existe uma parcela significativa de discentes que apresentam dificuldade na compreensão teórica das ciências específicas do curso, sendo este projeto assim uma alternativa para melhoria da aprendizagem e ensino.

## 4 | CONCLUSÃO

Como descrito na metodologia e nos resultados, avaliar a importância desse projeto é de grande valia no que diz respeito à contribuição acadêmica aos alunos de Engenharia Química da UFAM uma vez que o mesmo possibilita o entendimento prático bem como o funcionamento de um módulo de reator CSTR. Além disso, demonstrou-se que com materiais de fácil acesso pode-se construir ferramentas didáticas de elevada relevância à comunidade acadêmica e até mesmo científica.

Com a pesquisa de opinião realizada com discentes do curso, que já cursaram ou estão cursando a disciplina de Cinética e Reatores II, foi verificada que a contribuição do trabalho é importante para ampliar os equipamentos dos Laboratórios de Engenharia Química e de suma importância para basear o conhecimento adquirido na teoria.

Portanto, o objetivo do projeto foi obtido com êxito, uma vez que possibilitou um maior entendimento sobre a disciplina, envolvendo os alunos com projetos extracurriculares, promovendo além de conhecimento didático e prático, um desenvolvimento de liderança e crescimento pessoal.

## 5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Pró-Reitoria de Extensão (PROEXT) da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) pelo apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS

ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications**. Editora McGraw-Hill, 6ª ed., 2006.

CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos**. Edgard Blücher Ltda., 1ª ed., 2012.

FOGLER, H. S. **Elementos de Engenharia das Reações Químicas**, 3ª ed., LTC, 2002.

SCHMAL, M. **Cinética e reatores: aplicação na engenharia química: teoria e exercícios**. Synergia:

COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2010.

VILELA M. L.; VASCONCELLOS, D. V.; GOMES, M. M. **Reflexões sobre abordagens didáticas na interpretação de experimentos no ensino de ciências.** Revista da SEnBIO (1), 2007.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**CARMEN LÚCIA VOIGT** Doutora em Química na área de Química Analítica e Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Especialista em Química para a Educação Básica pela Universidade Estadual de Londrina. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Experiência há mais de 10 anos na área de Educação com ênfase em avaliação de matérias-primas, técnicas analíticas, ensino de ciências e química e gestão ambiental. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se uma atuação por resultado, como: supervisora de laboratórios na indústria de alimentos; professora de ensino médio; professora de ensino superior atuando em várias graduações; professora de pós-graduação *lato sensu*; palestrante; pesquisadora; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Autora de artigos científicos. Atuou em laboratório multiusuário com utilização de técnicas avançadas de caracterização e identificação de amostras para pesquisa e pós-graduação em instituição estadual.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-7247-237-1

