



Impactos das  
Tecnologias na  
**Engenharia Química 3**

---

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

Carmen Lúcia Voigt  
(Organizadora)

# Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 3

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

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)</b> <b>(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
134	Impactos das tecnologias na engenharia química 3 [recurso eletrônico] / Organizadora Carmen Lúcia Voigt. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Impactos das Tecnologias na Engenharia Química; v. 3)  Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-231-9 DOI 10.22533/at.ed.319190104  1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Voigt, Carmen Lúcia. II. Série.  CDD 660.76
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

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

O acentuado crescimento da população mundial, bem como a ânsia de melhor nível de vida, têm criado elevadas pressões sobre os recursos naturais, matérias-primas, o solo, a água, o ar e os ecossistemas em geral. A intensificação das atividades humanas nas últimas décadas tem gerado um acelerado aumento na produção de resíduos sólidos urbanos, tornando-se um grave problema para as administrações públicas.

A indústria química tem contribuído para a geração de efluentes líquidos e gasosos contendo substâncias tóxicas, bem como de resíduos sólidos perigosos que, lançados diretamente ou indiretamente sem qualquer tratamento no meio ambiente, podem provocar grandes desequilíbrios ecológicos. O uso intensivo de produtos químicos, se por um lado trouxe elevados benefícios aos padrões de vida, por outro lado, os níveis de poluição que estão associados à sua produção são por vezes muito elevados.

As novas tecnologias na Engenharia Química auxiliam nos processos de recuperação e reutilização de resíduos, assim como conversão em novas fontes de energia. Além das diversas formas de obtenção de energia renovável já existente, cada vez mais vem surgindo uma maior procura por outras formas de energia não poluentes. Essas razões são as mais motivacionais: a ideia de uma possível escassez de recursos fósseis, a tentativa de reduzir as emissões de gases nocivos para a atmosfera e que causam o efeito estufa, e, além disso, almeja se alcançar certa independência em relação petróleo.

As questões energéticas são extremamente importantes para a sustentabilidade das sociedades modernas, uma vez que a sobrevivência humana depende do fornecimento contínuo de energia. Esse cenário faz com que seja preciso realizar buscas por alternativas energéticas que sustentem a necessidade humana e que não prejudiquem o ambiente.

Para empresas, além da questão ambiental, um excessivo gasto de energia (advinda de recursos não renováveis) é sinônimo de prejuízo. Eis então uma grande oportunidade para engenheiros químicos intervirem na melhoria da eficiência energética dos processos, ajudar a desenvolver tecnologias limpas e promover a utilização de energias alternativas nas indústrias. Com isso, ocorrerá uma redução de custos e será uma contribuição válida ao meio ambiente o que hoje em dia vem gerando maior competitividade para as empresas. O uso de resíduos agrícolas como fonte de bioenergia tem despertado crescente interesse no setor de agroenergia.

Neste terceiro volume, apresentamos trabalhos com impactos tecnológicos relacionados à indústria, focando na reutilização de produtos e conversão em energia renovável, bem como avanço nos processos para redução da poluição atmosférica e em efluentes. Com isso, convidamos você a aperfeiçoar seus conhecimentos da Engenharia Química voltada para a área ambiental trazendo benefícios para toda a sociedade.

Boa leitura.

Carmen Lúcia Voigt

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES CONTENDO METAIS PESADOS	
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira	
Pedro Henrique Trindade Dias Cabral	
Roberta Resende Maciel da Silva	
Carla Torres Dias	
José Renato Guimarães	
Ana Paula Fonseca Maia de Urzedo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901041</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
RESÍDUOS DE CANA-DE-AÇÚCAR E MILHO COMO MATÉRIA PRIMA DO ETANOL 2G: ATUALIDADES E PERSPECTIVAS	
Caroline Müller	
Letícia Mara Milani	
Anderson Giehl	
Évelyn Taize Barrilli	
Letícia Deoti	
Ana Carolina Lucaroni	
Viviani Tadioto	
Helen Treichel	
Sérgio Luiz Alves Júnior	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901042</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
MODELAGEM DA PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTE A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM BIORREATOR EM BATELADA ATRAVÉS DA OTIMIZAÇÃO DE PARÂMETROS CINÉTICOS POR ALGORITMO GENÉTICO	
Júlia do Nascimento Pereira Nogueira	
Ana Luiza Bandeira de Mello de Albuquerque Campos	
Brunno Ferreira dos Santos	
Filipe Alves Coelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901043</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>29</b>
VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS PARA A PRODUÇÃO DO FUNGO ENTOMOPATOGÊNICO <i>METARHIZIUM ANISOPLIAE</i> POR PROCESSOS DE FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO	
Eloane Daize Gomes Dallastra	
Enylson Xavier Ramalho	
Lina María Grajales Agudelo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901044</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>40</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM COSMÉTICO A PARTIR DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL	
Ana Paula Olivo	
Kátya Regina de Freitas Zara	
Leonardo da Silva Arrieche	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901045</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>51</b>
INFLUÊNCIA DA GORDURA RESIDUAL DE UNIDADES INDUSTRIAIS DE AVES NA FABRICAÇÃO DE BASE PARA CREME HIDRATANTE	
<a href="#">Jacqueline Hahn Bernardi</a> <a href="#">Cristina Helena Bruno</a> <a href="#">Andreia Cristina Furtado</a> <a href="#">Leonardo da Silva Arrieche</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901046</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>58</b>
ANÁLISE DA COMPRESSÃO AXIAL E ABSORÇÃO DE ÁGUA EM CONCRETO PRODUZIDO COM CAROÇO RESIDUAL DE AZEITONA	
<a href="#">Manoela Silva Lima Mariotini Carotta</a> <a href="#">Alan Carlos de Almeida</a> <a href="#">Ana Paula de Carvalho Faria</a> <a href="#">Luiz Felipe Lima Panizzi</a> <a href="#">Jonas dos Santos Pacheco</a> <a href="#">Cristiane de Souza Siqueira Pereira</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901047</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>63</b>
INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO QUÍMICO NA FIBRA DE COCO PARA UTILIZAÇÃO EM COMPÓSITO POLIMÉRICO	
<a href="#">Wenderson Gomes dos Santos</a> <a href="#">Gilmar Alves Borges</a> <a href="#">Lauro Henrique Hamoy Guerreiro</a> <a href="#">Dilson Nazareno Pereira Cardoso</a> <a href="#">Douglas Alberto Rocha de Castro</a> <a href="#">Emerson Cardoso Rodrigues</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901048</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>68</b>
INFLUÊNCIA DOS TRATAMENTOS ORGANOSOLV E HIDROTÉRMICO APLICADOS AO BAGAÇO DE CANA NAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPÓSITOS COM PEAD	
<a href="#">Bruno Chaboli Gambarato</a> <a href="#">Tatiana Raposo de Paiva Cury</a> <a href="#">Sérgio Teodoro de Oliveira</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3191901049</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>74</b>
PROPRIEDADES MECÂNICAS E TÉRMICAS DE COMPÓSITOS DE POLIPROPILENO RECICLADO REFORÇADOS COM BAGAÇO DE CANA	
<a href="#">Bruno Chaboli Gambarato</a> <a href="#">Gilson Carlos Rodrigues Paulino</a> <a href="#">Amanda Santos Leopoldino</a> <a href="#">Lucas Bruno de Paiva</a>	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010410</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 79**

**BALANÇO ENERGÉTICO DO SISTEMA INTEGRADO DE BIO-COMBUSTÃO**

Ihana Aguiar Severo  
Yuri Naidon Favero  
Mariany Costa Deprá  
Rodrigo Stefanello Bizello Barrios  
Rosangela Rodrigues Dias  
Mariane Bittencourt Fagundes  
Roger Wager  
Leila Queiroz Zepka  
Eduardo Jacob-Lopes

**DOI 10.22533/at.ed.31919010411**

**CAPÍTULO 12 ..... 85**

**CARACTERIZAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SORGO BIOMASSA PARA BIOENERGIA**

Maria Lúcia Ferreira Simeone  
Patrícia Abraão de Oliveira  
Kirley Marques Canuto  
Rafael Augusto da Costa Parrella  
Cynthia Maria Borges Damasceno  
Robert Eugene Schaffert

**DOI 10.22533/at.ed.31919010412**

**CAPÍTULO 13 ..... 90**

**DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTOR E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO**

Flávia Souza Pio  
Letícia Tamara Santana  
Lorena Kelly Corrêia  
Francine Duarte Castro

**DOI 10.22533/at.ed.31919010413**

**CAPÍTULO 14 ..... 97**

**RESOLUÇÃO DE PROBLEMA DE VALOR NO CONTORNO ASSOCIADO À MODELAGEM DE BIORREATORES TUBULARES DE FLUXO DISPERSO E CINÉTICA DE MICHAELIS-MENTEN LINEARIZADA**

Samuel Conceição Oliveira  
Felipe Coelho Morilla

**DOI 10.22533/at.ed.31919010414**

**CAPÍTULO 15 ..... 104**

**SIMULAÇÃO E AVALIAÇÃO DE CICLOS A VAPOR PARA COGERAÇÃO DE BIOENERGIA NO SETOR SUCROENERGÉTICO**

Welban Ricardo Ursino  
Samuel Conceição Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.31919010415**

**CAPÍTULO 16 ..... 114**

AVALIAÇÃO DE ÓLEOS DE SOJA COM DIFERENTES ORIGENS NA PRODUÇÃO DO BIODIESEL VIA ROTA METÁLICA

Melissa Rafaela Wolf  
Isabela Silveira Tobias Perassi  
Nadine de Assis  
Fulvy Antonella Venturi Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.31919010416**

**CAPÍTULO 17 ..... 123**

PRODUÇÃO DE BIODIESEL PELA TRANSESTERIFICAÇÃO SUPERCRÍTICA ETANÓLICA: MODELAGEM E SIMULAÇÃO

Erich Potrich  
Bruno Elias Suzart Chamas  
Antonio José Gonçalves da Cruz  
Roberto de Campos Giordano

**DOI 10.22533/at.ed.31919010417**

**CAPÍTULO 18 ..... 129**

PRODUÇÃO DE BIOETANOL UTILIZANDO CÉLULAS DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE IMOBILIZADAS EM ESFERAS DE ALGINATO DE CÁLCIO REVESTIDAS COM QUITOSANA

Lucidio Cristovão Fardelone  
Taciani do Santos Bella de Jesus  
Leonardo Akira Kamimura Oura  
Gustavo Paim Valença  
José Roberto Nunhez  
José Augusto Rosário Rodrigues  
Paulo José Samenho Moran

**DOI 10.22533/at.ed.31919010418**

**CAPÍTULO 19 ..... 137**

AUTOMAÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FALHAS EM SENSORES E ATUADORES APLICADOS NA PLANTA DE TRATAMENTO DA PRODUÇÃO DO BIODIESEL

Thalys de Freitas Fernandes  
Dinilton Pessoa de Albuquerque Neto  
Gerônimo Barbosa Alexandre  
José Nilton Silva

**DOI 10.22533/at.ed.31919010419**

**CAPÍTULO 20 ..... 157**

ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE FENTON COM PÓ DE MINÉRIO NO TRATAMENTO DE ÁGUAS DE LAVAGEM DE BIODIESEL E AVALIAÇÃO DA LIXIVIABILIDADE DO RESÍDUO

Jamyla Soares Anício Oliveira Félix  
Aline Givisiez de Souza  
Francine Duarte Castro

**DOI 10.22533/at.ed.31919010420**

**CAPÍTULO 21 ..... 173**

APLICAÇÃO DE CARVÃO ATIVADO CALCINADO NA REMOÇÃO DE ÓLEO DIESEL

Leonardo Henrique de Oliveira  
Selene Maria Arruda Guelli Ulson de Souza  
Antônio Augusto Ulson de Souza

**DOI 10.22533/at.ed.31919010421**

<b>CAPÍTULO 22</b> .....	<b>178</b>
DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CURVA DE POLARIZAÇÃO DE UMA CÉLULA A COMBUSTÍVEL TIPO PEM	
Roque Machado de Senna Thais Santos Henrique Senna Marcelo Linardi	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010422</b>	
<b>CAPÍTULO 23</b> .....	<b>187</b>
ANÁLISE DA EFICIÊNCIA INDIVIDUAL DE COLETA E GLOBAL NA SEPARAÇÃO DE PARTICULADOS DE MAGNESITA EM CICLONE LAPPLE	
Polyana Gomes de Aguiar Daiane Ribeiro Dias Annanda Alkmim Alves Mariana Oliveira Marques João Carlos Gonçalves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010423</b>	
<b>CAPÍTULO 24</b> .....	<b>194</b>
ANÁLISE DE HIDROCARBONETOS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS (PAH) NO AR ATMOSFÉRICO USANDO SISTEMA PASSIVO DE AMOSTRAGEM PARA MONITORAMENTO AMBIENTAL	
Aldo Muro Júnior Nicola Pittet Muro Nelson Roberto Antoniosi Filho Maria Isabel Ribeiro Alves	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010424</b>	
<b>CAPÍTULO 25</b> .....	<b>213</b>
CAPTURA DE CO <sub>2</sub> UTILIZANDO O PROCESSO CALCIUM-LOOPING	
Juliana Alves da Silva Ricardo José Chimentão João Batista Oliveira dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010425</b>	
<b>CAPÍTULO 26</b> .....	<b>224</b>
DESENVOLVIMENTO DE PROCESSO QUÍMICO DE CAPTURA DE CO <sub>2</sub> UTILIZANDO A TECNOLOGIA HIGEE NA INTENSIFICAÇÃO DE PROCESSOS PRODUTIVOS	
Kaíque Souza Gonçalves Cordeiro Oliveira José Renato Guimarães Brenda Sedlmaier Costa Coelho Camila Ceravolo de Carvalho Francine Silveira Vieira Luiza Moreira Santos Jorge David Alguiar Bellido	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010426</b>	

**CAPÍTULO 27 ..... 232**

Zn-ZIF EM TECIDO APLICADO NO PROCESSO DE CAPTURA DE CH<sub>4</sub>

Guilherme Andreoli Gil  
Guilherme Otávio Lima  
Lucas Mendes Pedro  
Bianca Bastos Caruzi  
Fabrício Maestá Bezerra  
Murilo Pereira Moisés

**DOI 10.22533/at.ed.31919010427**

**CAPÍTULO 28 ..... 239**

INIBIDOR DE CORROÇÃO OBTIDO POR LIXIVIAÇÃO DE CIGARRO APÓS SEU CONSUMO

Lauren Marcilene Maciel Machado  
Luciana Rodrigues Machado

**DOI 10.22533/at.ed.31919010428**

**CAPÍTULO 29 ..... 249**

ENRIQUECIMENTO DE BACTÉRIAS REDUTORAS DE SULFATO AUTÓCTONES E SUA ADESÃO EM ESPUMA DE POLIURETANO EM REATOR ANAERÓBIO NO TRATAMENTO DE DRENAGEM ÁCIDA DE MINA

Alessandra Giordani  
Renata Piacentini Rodriguez  
Leonardo Henrique Soares Damasceno  
Gunther Brucha

**DOI 10.22533/at.ed.31919010429**

**CAPÍTULO 30 ..... 255**

BIODEGRADAÇÃO DO SURFACTANTE LINEAR ALQUILBENZENO SULFONATO DE SÓDIO EM DOIS DETERGENTES LIQUIDOS COMERCIAIS UTILIZANDO FUNGO FILAMENTOSO *Penicillium crustosum*

Sulamita Aparecida Ambrosia dos santos  
Luiza Maria Amaral Frossard de Paula  
Mayara Costa Franco  
Karen Sartori Jeunon Gontijo  
Ana Maria de Oliveira  
Enio Nazaré de Oliveira Junior

**DOI 10.22533/at.ed.31919010430**

**CAPÍTULO 31 ..... 272**

DEGRADAÇÃO DE CORANTES ALIMENTÍCIOS UTILIZANDO LAFeO<sub>3</sub> COMO CATALISADOR EM REAÇÃO FOTO-FENTON SOLAR

Patrícia Grassi  
Fernanda Caroline Drumm  
Siara Silvestri  
Sérgio Luiz Jahn  
Edson Luiz Foletto

**DOI 10.22533/at.ed.31919010431**

<b>CAPÍTULO 32</b> .....	<b>281</b>
DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA DE RODAMINA B COM UM CATALISADOR À BASE DA BIOMASSA PORONGO: EFEITO DA DOPAGEM COM FERRO	
William Leonardo da Silva	
Mariéle Schaedler Nascimento	
Matheus Severo Schalenberger	
Joana Bratz Lourenço	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010432</b>	
<b>CAPÍTULO 33</b> .....	<b>287</b>
AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO FOTOCATALÍTICA, UTILIZANDO $\text{TiO}_2$ E ZNO, DO ANTIBIÓTICO METRONIDAZOL (MTZ) A PARTIR DA ESPECTROFOTOMETRIA	
Luiza Barbosa Petersen Mendes	
Luciane Pimentel Costa Monteiro	
Leandro Vahia Pontual	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010433</b>	
<b>CAPÍTULO 34</b> .....	<b>303</b>
CARACTERIZAÇÃO DE CÁPSULAS DE CAFÉ PÓS CONSUMO VISANDO A RECICLAGEM NA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Valquíria Aparecida dos Santos Ribeiro	
Priscilla Sayuri Nakazawa	
Ana Maria Ferrari	
Ana Claudia Ueda	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010434</b>	
<b>CAPÍTULO 35</b> .....	<b>315</b>
APPLICATION OF THE MARKOV CHAIN MONTE CARLO METHOD TO ESTIMATION OF PARAMETERS IN A MODEL OF ADSORPTION-ENHANCED REACTION PROCESS FOR MERCURY REMOVAL FROM NATURAL GAS	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
Mariana de Mattos Vieira Mello Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010435</b>	
<b>CAPÍTULO 36</b> .....	<b>322</b>
SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO SUPOSTADOS EM CARVÃO ATIVADO DERIVADO DA CASCA DO COCO VERDE	
Natália Matos Silva Pereira	
Marta Cecilia da Esperança Santos	
Sirlene Barbosa Lima	
Maria Luiza Andrade da Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.31919010436</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>334</b>

## DESENVOLVIMENTO DE BIODIGESTOR E AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO PARA TRATAMENTO DE RESÍDUO SÓLIDO ORGÂNICO

### **Flávia Souza Pio**

Centro Universitário do Leste de Minas Gerais  
Coronel Fabriciano – Minas Gerais

### **Letícia Tamara Santana**

Centro Universitário do Leste de Minas Gerais  
Coronel Fabriciano – Minas Gerais

### **Lorena Kelly Corrêa**

Centro Universitário do Leste de Minas Gerais  
Coronel Fabriciano – Minas Gerais

### **Francine Duarte Castro**

Centro Universitário do Leste de Minas Gerais  
Coronel Fabriciano – Minas Gerais

**RESUMO:** O presente trabalho teve a finalidade de construir e avaliar a eficiência de um biodigestor anaeróbio, para degradação da remoção da matéria orgânica oriunda de dejetos bovinos. O biodigestor foi operado em três ciclos, em processo descontínuo, e o tempo de retenção hidráulica variou de acordo com cada ciclo, tendo duração de 21 a 35 dias. A caracterização dos dejetos foi realizada por meio de amostragens no início, meio e final de cada ciclo. Foram analisados os seguintes parâmetros: temperatura, pH, sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV), sólidos fixos (SF), umidade, demanda química de oxigênio (DQO), amônia e produção de biogás. Os resultados indicaram que o processo de biodigestão

anaeróbia foi eficiente para degradar a matéria orgânica dos dejetos bovinos. Para ST, SV, SF, umidade e DQO, foram registradas remoções máximas de 43,31%, 39,75%, 59,38%, 9,88% e 96,27%, respectivamente, para o efluente resultante do biodigestor. Verificou-se um aumento significativo na produção de nitrogênio amoniacal, sendo o valor máximo obtido de 43,10%. Foi realizado o teste de chama, no qual comprovou a produção de biogás. Entretanto, não foi possível quantificar a produção de biogás, devido a possíveis vazamentos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biodigestor. Biodigestão anaeróbia. Dejetos bovinos. Biogás. Biofertilizante.

**ABSTRACT:** The present work aimed to build and evaluate the efficiency of an anaerobic digester, for degradation of removal of organic matter from cattle manure. The bio-digester was operated in three cycles, in a batch process, and the hydraulic retention time varied according to each cycle, with an average duration of 21 to 35 days. The waste characterisation was performed by sampling at the beginning, middle and end of each cycle. The following parameters were analyzed: temperature, pH, total solids (TS), volatile solids (VS), fixed solids (FS), humidity, chemical oxygen demand (COD), ammonia and biogas production. The results indicated that the anaerobic biodigestion process was

efficient to degrade organic matter of cattle manure. For TS, VS, FS, humidity and COD maximums removals of 43.31%, 39.75%, 59.38%, 9.88% and 96.27% were achieved, for the effluent resulting from the digester. There was a significant increase in the production of ammonia nitrogen, reaching an maximums of 43.10%. The flame test was performed, proving the production of biogas. However, it was not possible to quantify the biogas production, due to possible leaks.

**KEYWORDS:** Biodigestor. Anaerobic biodigestion. Cattle manure. Biogas. Biofertilizer

## 1 | INTRODUÇÃO

O biodigestor anaeróbio consiste em um sistema onde ocorre a fermentação da matéria orgânica (resíduos alimentícios e/ou dejetos animais) por bactérias, na ausência de oxigênio. É uma alternativa para reduzir o acúmulo de dejetos descartados de forma indevida, sendo considerado como uma fonte energética renovável, segura e sustentável. Esse equipamento tem o objetivo de substituir lagoas e terrenos a céu aberto, métodos comumente utilizados para descarte de dejetos em atividades agropecuárias. Segundo o Ibama (1998), pela legislação Ambiental (Lei 9.605 – Lei de Crimes Ambientais), produtores agropecuários podem ser responsabilizados por danos causados ao meio ambiente. Por esse motivo, o biodigestor se torna uma forma eficiente para tratamento de matéria orgânica gerada por essas atividades (Almeida, 2008).

O biogás é um combustível gasoso, com conteúdo energético semelhante ao gás natural, produzido nos biodigestores, a partir da digestão anaeróbia. A sua composição varia de acordo com o tipo de biomassa utilizada e pode conter até 70% de gás metano ( $\text{CH}_4$ ), que é combustível, possui elevado poder calorífico e não produz fuligem. O biofertilizante é um efluente do biodigestor que possui propriedades fertilizantes, com elevado teor de húmus, composto por: água, nitrogênio, fósforo e potássio, em quantidade e composição adequadas, podendo ser utilizado diretamente na adubação das plantas (Flores, 2014).

O presente trabalho empregou como fonte de matéria orgânica os dejetos bovinos. Tendo em vista a liberação indiscriminada desses dejetos na natureza, a implantação de biodigestores pode ser considerada uma alternativa para a destinação racional dos resíduos, diminuindo seu potencial poluidor, reduzindo sua patogenicidade e adequando os proprietários de bovinos às exigências da legislação ambiental (Ferreira, 2013).

## 2 | METODOLOGIA

Com base no estudo de Eckert et al. (2015), optou-se por construir um biodigestor de modelo descontínuo e material de aço inox, de formato cilíndrico, com diâmetro de 22 cm e altura de 27 cm, com capacidade de 10,264 L. A Figura 1 apresenta o sistema

de biodigestão anaeróbia. O biodigestor foi operado em três ciclos distintos, como pode ser observado na Tabela 1.

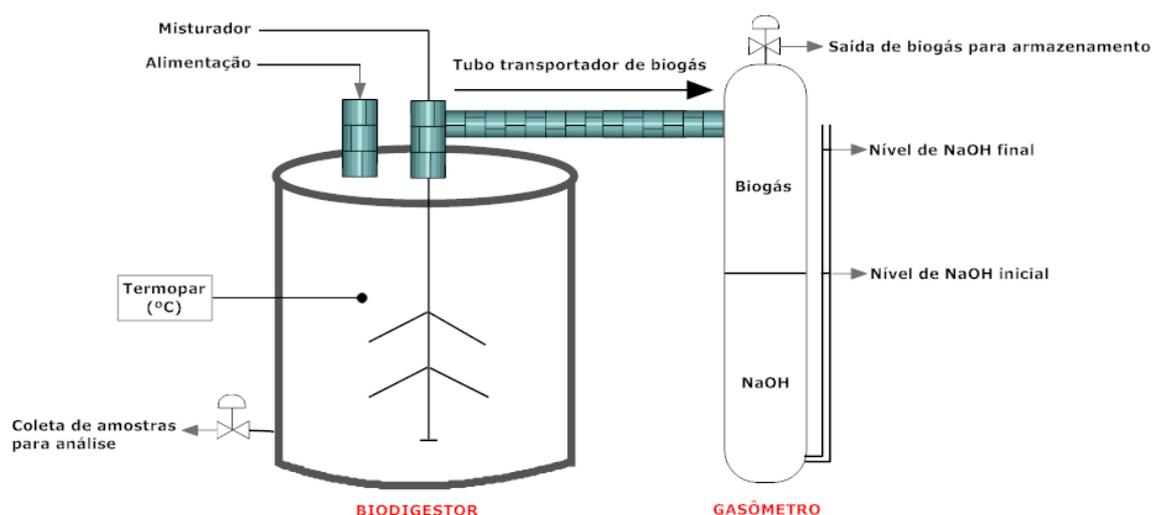


Figura 1 – Sistema de biodigestão anaeróbia utilizado no experimento

	1º Ciclo	2º Ciclo	3º Ciclo
Início	08/09/2016	03/10/2016	07/11/2016
Término	03/10/2016	07/11/2016	28/11/2016
Tempo de Retenção	25 dias	35 dias	21 dias

Tabela 1 – Ciclos do biodigestor

A produção de biogás a partir de dejetos bovinos comumente apresenta grande eficiência, uma vez que cerca de 10 kg de matéria orgânica produzem 0,40 m<sup>3</sup>/dia de biogás. Dessa forma, optou-se por trabalhar com esse tipo de matéria orgânica. Além disso, é um material de fácil acesso, que pode ser obtido em grande quantidade. Para inseri-lo no processo, não é necessário o uso de inóculo, já que possui microrganismos capazes de degradar a carga orgânica (Fundação Aperam Acesita, 2011).

Foram analisados os seguintes parâmetros, para o processo de biodigestão anaeróbia: pH, pressão, temperatura, sólidos totais (ST), voláteis (SV) e fixos (SF), umidade, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio amoniacal e produção de biogás. As análises de sólidos, umidade, DQO e nitrogênio amoniacal foram realizadas de acordo com a Apha (2005), no início, meio e fim do processo de biodigestão. O pH foi verificado com o pHmetro. A produção do biogás e a pressão foram controladas a partir do gasômetro, acoplado na câmara digestora. Para verificar a temperatura, foi utilizado um termopar. Estas análises foram realizadas a cada três dias, durante o processo.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nas dimensões propostas, foi construído o biodigestor anaeróbio,

como observa-se na Figura 2. Os resultados das análises para o primeiro ciclo não foram considerados, pois o biodigestor estava em fase de teste.



Figura 2 – Sistema de biodigestão anaeróbia

Os valores de temperatura e pH mostraram-se satisfatórios, pois estavam dentro das faixas ideais, de 25°C a 36°C e 7 a 8, respectivamente. Portanto, não limitaram o processo.

### 3.1 Teor de sólidos

A partir dos dados da Tabela 2, pode-se observar que houve remoção significativa dos ST, SF e SV. Estes valores estão de acordo com os resultados de Vivan et al. (2010), que encontraram resultados para remoção de ST de 24,16%, SF iguais 12,72% e SV de 34,63%, o que comprova que o presente trabalho apresentou taxas de degradação de sólidos satisfatórias.

Ciclo	Sólidos Totais (ST) - g/L			Ciclo	Sólidos Fixos (SF) - g/L			Ciclo	Sólidos Voláteis (SV) - g/L		
	Início	Fim	% Redução		Início	Fim	% Redução		Início	Fim	% Redução
2	88,20	50,00	43,31	2	16,00	6,50	59,38	2	72,20	43,50	39,75
3	74,30	67,83	8,71	3	13,10	12,63	3,58	3	61,20	55,2	9,80

Tabela 2 – Valores dos parâmetros ST, SF e SV para início e fim do processo de biodigestão

### 3.2 Umidade

A Tabela 3 evidencia os teores de umidade da matéria orgânica, para o 2º e 3º ciclos.

Coleta da amostra	2º Ciclo			3º Ciclo	
	Início (%)	Meio (%)	Final (%)	Início (%)	Final (%)
Umidade (%)	8,09	3,98	7,55	6,96	9,88

Tabela 3 – Teores de umidade do biofertilizante

Observou-se um aumento no teor de umidade da segunda etapa da análise para a terceira. Na primeira etapa do processo, ocorre a fermentação por meio de uma hidrólise, levando ao consumo de água e à redução da umidade. Na última etapa, ocorre a metanogênese, etapa final no processo global de degradação anaeróbica da matéria orgânica biodegradável em metano e dióxido de carbono, em que ocorre a formação de água e, portanto, leva a um aumento da umidade da biomassa. A Equação 1 e a Equação 2 mostram a etapa metanogênica (Biarnes, 2016). Assim, os resultados indicam que ocorreu a metanogênese.



### 3.3 Demanda Química de Oxigênio (DQO)

Os resultados das análises de DQO para os ciclos de operação podem ser visualizados na Tabela 4. As análises de DQO no segundo ciclo indicaram que houve uma remoção de 96,27% para esse parâmetro. Resultados similares foram obtidos por Scapinello et al. (2011), cujo sistema de tratamento anaeróbio empregado apresentou uma grande remoção de DQO, com média de 94%. No terceiro ciclo, verificou-se que houve uma remoção de 53,22% de DQO. O menor valor de remoção observado para esse parâmetro deve-se, possivelmente, ao menor tempo de processo, conforme exibe a Tabela 1.

A avaliação da DQO é uma forma de quantificar a matéria orgânica presente no biodigestor. Com isso, as remoções de DQO apresentadas nas análises indicam que os resíduos foram, em grande parte, digeridos, satisfazendo os objetivos do processo.

Ciclo	Coleta da amostra	Concentração (mgO <sub>2</sub> /L)	Remoção (%)
2º	Início	240000	96,27
	Final	8950	
3º	Início	189542,32	53,22
	Final	88663,68	

Tabela 4 – Resultados das análises de DQO

### 3.4 Teor de amônia

Os resultados obtidos, que indicaram elevação substancial de amônia, foram

esperados. Isso se deve à produção de amônia durante a degradação da matéria orgânica nitrogenada. A Tabela 5 mostra a porcentagem de aumento de amônia nos ciclos.

Ciclo	Coleta da amostra	Concentração (mgN/L)	Varição (%)
2°	Início	2556,064	43,10
	Final	4492,652	
3°	Início	4632,61	12,16
	Final	5274,280	

Tabela 5 – Resultados das análises de amônia no 2° e 3° ciclos

### 3.5 Teste de chama

A Figura 3 mostra o teste de chama realizado no laboratório, com uma parte da amostra final do segundo ciclo. Pode-se concluir que houve produção de biogás a partir da matéria orgânica utilizada no biodigestor, devido o crescimento da chama, ao entrar em contato com o gás proveniente do béquer contendo os dejetos.



Figura 3 – Teste de chama para amostra de bancada

## 4 | CONCLUSÃO

O processo de biodigestão anaeróbia apresentou eficiência na remoção dos parâmetros físicos e químicos analisados. Os percentuais máximos de remoção de ST (43,31%), SF (59,38%), SV (39,75%), umidade (9,88%) e DQO (96,27%) indicaram que ocorreu a biodegradação parcial dos dejetos bovinos.

A partir da redução da umidade observada entre a primeira e segunda análise de cada ciclo, pode-se concluir que houve consumo de água, provavelmente devido à etapa de hidrólise. Posteriormente, verificou-se um aumento da umidade, devido à ação de bactérias metanogênicas, que são responsáveis pela degradação anaeróbica da biomassa, decompondo-a em gás metano e gás carbônico e produzindo água

nesta reação. Durante cada ciclo, constatou-se um aumento relevante na produção de nitrogênio amoniacal, indicando que a matéria orgânica complexa foi degradada em compostos mais simples, levando à liberação de amônia no meio.

Foi possível comprovar, a partir dos resultados obtidos, que houve a produção de biogás. Entretanto, a quantificação do gás produzido não foi possível, devido ao tempo insuficiente de operação ou ao possível vazamento no sistema que, conseqüentemente, fez com que a válvula de retenção não recebesse a pressão necessária para permitir a passagem do biogás para o gasômetro. A formação de gás metano foi confirmada com o aumento do teor de umidade e o teste de chama. Portanto, o biodigestor promoveu a redução da matéria orgânica dos dejetos bovinos, diminuindo o impacto ambiental desse resíduo, ao ser lançado no solo e em corpos d'água.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, G. V. B. P. de. **Biodigestão Anaeróbica na Suinocultura**. 2008. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) - Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas, São Paulo, 2008.

APHA. **Standard methods for the examination of water & wastewater**. 21st ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, v.1, 2005.

BIARNES, M. **Biomass to biogas: anaerobic digestion**. 2016.

ECKERT, C. T.; FRIGO, E. P.; MARI, A. G.; MARI JUNIOR, A.; CABRAL, A. C.; GRZESIUCK, A. E.; DIERINGS, L. S. Construção de biodigestores de batelada para escala laboratorial. **Revista Brasileira de Energia Renovável**, v. 4, p. 65-82, 2015.

FERREIRA, J. **Produção de biogás e funcionamento de biodigestores no ensino de Ciências**. 2013. 44 f. Monografia (Especialização no Ensino da Ciência) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

FLORES, M. C. **Viabilidade econômica do biogás produzido por biodigestor para produção de energia elétrica – estudo de caso em confinador suíno**. 2014. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.

FUNDAÇÃO APERAM ACESITA. **Tecnologias alternativas: tipos de materiais para abastecimento**. Cartilha. 2011.

IBAMA. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre Crimes Ambientais.

SCAPINELLO, J.; MUNARINI, A. C.; FRANCO, G. M. de S.; MAGRO, J. D. **Avaliação de um sistema de tratamento anaeróbico de dejetos suínos**. 2011. 13 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Santa Catarina, 2011.

VIVAN, M.; KUNZ, A.; STOLBERG, J.; PERDOMO, C.; TECHIO, V. H. Eficiência da interação biodigestor e lagoas de estabilização na remoção de poluentes em dejetos de suínos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 3, p. 320-325, 2010.

## **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 978-85-7247-231-9

