

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

**3**

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

**3**

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



## O ensino e a pesquisa em química 3

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaidy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E59 O ensino e a pesquisa em química 3 / Organizador  
Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. – Ponta Grossa -  
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF  
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader  
Modo de acesso: World Wide Web  
Inclui bibliografia  
ISBN 978-65-5983-761-8  
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.618210612>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano  
Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**  
Ponta Grossa – Paraná – Brasil  
Telefone: +55 (42) 3323-5493  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br



**Atena**  
Editora  
Ano 2021

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



## APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química 3” é constituído por quinze capítulos que foram organizados em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* ensino de química: processos formativos e a importância de atividades experimentais contextualizadas; *ii)* preparo de materiais metálicos e síntese aplicada ao desenvolvimento de materiais, substâncias com propriedades biológicas e bicomustíveis e; *iii)* avaliação e monitoramento da qualidade dos recursos hídricos.

O primeiro tema é composto por sete capítulos de livro que procuraram investigar a importância do aprendizado de conceitos técnico-científicos e de atividades experimentais para o melhor aprendizado do estudante do ensino médio na área de química. O desenvolvimento de atividades de extensão voltado para o contexto social possibilitou um maior aprendizado da química por intermédio da interdisciplinaridade com outras áreas da ciência e o desenvolvimento de uma consciência ambiental, a princípio, dentro do contexto escolar e que poderá ser disseminado por toda a sociedade a fim de se atingir uma maior conscientização coletiva, proporcionando a mudança em ações e atitudes que levam a consequências negativas para o meio ambiente e retorna a espécie humana com inúmeras consequências negativas.

A segunda temática é composta por cinco capítulos que apresentaram estudos voltados para o preparo de barras utilizando a técnica de Extração por sorção em barra de agitação (SBSE), visando aumentar a inércia química e, conseqüentemente, reduzir o processo de corrosão metálica e aumentando a vida útil deste material. Os outros quatro capítulos apresentaram processos de reação de síntese com o intuito de produzir nanomateriais enriquecidos com biomassa de origem vegetal; produção de quinolina para combater a Leishmaniose que é uma doença parasitária muito presente em países tropicais como o Brasil; a síntese da 2-metilrilquinonas com elevada propriedades biológicas que podem vir a ser utilizadas na química medicinal. Por fim a reação de síntese e avaliação de um eletrocatalisador com um enorme potencial para ser utilizado em células de combustíveis para aplicação na produção de bioetanol.

O terceiro e último tema é composto por três capítulos de livro com estudos que procuraram avaliar a degradação de biodiesel utilizando processos em condições anaeróbicas; a distribuição de gás metano presente no sedimento da superfície do Lago Paranoá em Brasília. Por último, um estudo realizado e coordenado por pesquisadores da Universidade de Brasília, que objetiva a possibilidade de monitorar o uso de drogas ilícitas por meio da excreção de usuários na rede de esgoto domiciliar.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando com o intuito de estimular e incentivar os pesquisadores brasileiros e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros e capítulos de livros que são disponibilizados no site da Editora e em outras plataformas digitais com acesso gratuito.

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

APRESENTAÇÃO DOS CONCEITOS DE ÁCIDOS E BASES DE ARRHENIUS POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO DAS CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE ENSINO NOS ESTADOS DO ACRE E AMAZONAS

Leandro Junior Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106121>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

A QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO: VIDEOAULAS EXPERIMENTAIS COMO FERRAMENTAS NO ENSINO REMOTO

Oswaldo Pacheco Freitas

Ludimila Barbosa dos Santos

Jéssica Del Nero

Deise Ane Oliveira Silva

Mírian da Silva Costa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106122>

### **CAPÍTULO 3..... 26**

A INFLUÊNCIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO CONTEÚDO DE OXIRREDUÇÃO PARA O 2º ANO DO ENSINO MÉDIO

Fernanda Meneses Amaral

Maria Sorileide Costa Teixeira

Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho

Antônia Flávia Silva Magalhães

Maria Tamires Cordeiro Pereira

Maria Fabiana Araujo da Silva

Ana Kerly Oliveira de Brito

Patrícia Teixeira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106123>

### **CAPÍTULO 4..... 42**

FABRICAÇÃO DE SABÃO ECOLÓGICO E ARTESANAL NO ALTO SERTÃO PARAIBANO: CONSCIÊNCIA AMBIENTAL ALIADA AO ENSINO DE QUÍMICA

José Manuel Amancio da Silva

Francisco Ferreira Batista

Lucas Ferreira Batista

Maíre Gomes de Meneses

José Iran Filho

Éricka Anulina Cunha de Oliveira

Pedro Nogueira da Silva Neto

Polyana de Brito Januário

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106124>

**CAPÍTULO 5.....53**

**RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UM COLÉGIO DA REDE ESTADUAL NA CIDADE DE PEDRO II- PIAUÍ: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA**

Fernanda Meneses Amaral  
Maria Sorileide Costa Teixeira  
Rothchild Sousa de Moraes Carvalho Filho  
Renata da Silva Carneiro  
João Breno Barros da Silva  
Larissa Viana Souza  
Ana Karina Borges Costa  
Hisley Feitosa Meneses  
Aline Maria da Silva Duarte  
Heloisa de Sousa Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106125>

**CAPÍTULO 6.....61**

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE PIGMENTOS RUPESTRES DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DE INHUMA (PIAUÍ) POR MEIO DA ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X PORTÁTIL ALIADA A TRATAMENTO QUIMIOMÉTRICO**

Jacira Izidório de Moura  
Maria Conceição S. M. Lage  
Benedito Batista Farias Filho  
Wilkins Oliveira de Barros  
Anna Luiza Bizerra de Brito  
Luanne Miranda Lustosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106126>

**CAPÍTULO 7.....78**

**A IMPORTÂNCIA DA ALFABETIZAÇÃO/LETRAMENTO CIENTÍFICO EM QUÍMICA PARA ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA, CURSOS DE LICENCIATURA E PROFESSORES EM FORMAÇÃO CONTINUADA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
Anelise dos Santos Mendonça Soares  
Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106127>

**CAPÍTULO 8.....91**

**PREPARO DE BARRAS PARA SBSE SOBRE SUBSTRATO METÁLICO MAGNETIZÁVEL DE ALTA INÉRCIA**

José Carlos Rodrigues  
Fernanda Maria Rodriguez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106128>

**CAPÍTULO 9.....107**

**SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE OURO REDUZIDAS COM CASCA DE ROMÃ (*Punica granatum* L.)**

Rafaela Spessemille Valotto

Wanderson Juvencio Keijok  
Marco Cesar Cunegundes Guimarães

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.6182106129>

**CAPÍTULO 10..... 117**

SÍNTESES DE ANALOGOS QUINOLÍNICOS CON ACTIVIDAD LEISHMANICIDA *IN VITRO*  
SOBRE *Leishmania (Viannia) panamensis*

Gilmar Gabriel Santafé Patiño

Fernis José Marin Severiche

Sara María Robledo Restrepo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061210>

**CAPÍTULO 11 ..... 132**

SÍNTESE DE 2-METOXIARIL ALQUINONAS E AVALIAÇÃO DE SUA REATIVIDADE EM  
REAÇÃO DE CICLIZAÇÃO ELETROFÍLICA

Angélica Ribeiro Claus

Daniela Aline Barancelli

Estela dos Reis Crespan

Letícia Ledo Marciniuk

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061211>

**CAPÍTULO 12..... 143**

SÍNTESES Y EVALUACIÓN DEL ELECTROCATALIZADOR  $Pt/Al_2O_3/C$  PARA SU FUTURA  
APLICACIÓN EN CELDAS DE COMBUSTIBLE DE BIO-ETANOL DIRECTO

Nallely Téllez Méndez

Sergio Alberto Gamboa Sánchez

Laura Alicia Paniagua Solar

José Fermi Guerrero Castellanos

Enrique de la Fuente Morales

Beatriz Eugenia Graniel García

Jorge Cotzomi Paleta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061212>

**CAPÍTULO 13..... 154**

AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE BIODIESEL EM PROCESSO ANAERÓBIO

Marina Sayuri Kashiwabara

Patrícia Angélica Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061213>

**CAPÍTULO 14..... 167**

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE METANO NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DO LAGO  
PARANOÁ, BRASÍLIA-DF

Valéria Regina Bellotto

Fernanda Vasconcelos de Almeida

Nickolas Valcarcel da Silva

Thiago Bezerra Lima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061214>

**CAPÍTULO 15..... 178**

EPIDEMIOLOGIA BASEADA NO ESGOTO PARA ESTIMAR O USO DE DROGAS:  
CONTRIBUIÇÕES DA QUÍMICA ANALÍTICA PARA A SOCIEDADE

Fernando Fabriz Sodré

Rafael Silva Feitosa

Alex de Sene Corado Guedes

Adriano Otávio Maldaner

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.61821061215>

**SOBRE O ORGANIZADOR..... 201**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 202**

## AVALIAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DE BODIESEL EM PROCESSO ANAERÓBIO

Data de aceite: 01/12/2021

Data de submissão: 03/09/2021

**Marina Sayuri Kashiwabara**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Química  
Uberlândia – MG  
<http://lattes.cnpq.br/8171341550240403>

**Patrícia Angélica Vieira**

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade  
de Engenharia Química  
Uberlândia – MG  
<http://lattes.cnpq.br/2299169749872951>

**RESUMO:** A geração de efluente contaminado por biodiesel pode ocorrer da produção de biodiesel e gerado da lavagem de solo contaminado por biodiesel no processo de tratamento físico. As possibilidades de tratamento biológico deste tipo de efluente pode ser aeróbia ou anaeróbia. No presente trabalho foi empregado processo de tratamento anaeróbio, sendo avaliados parâmetros importantes como a relação alimento/microorganismo (A/M) e adições de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) como agente tamponante do meio visando produção de metano pelas bactérias metanogênicas. Várias relações de  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  foram avaliadas. Os experimentos foram realizados em reatores cônicos de 500 mL com 200 mL de efluente sintético contendo 5g/L de biodiesel empregando lodo anaeróbio advindo de reator UASB (oriundo da indústria de produção de cigarros) previamente adaptado

em biodiesel e em diferentes quantidades de acordo com as relações A/M adotadas (0,10, 0,20 e 0,40), e diferentes razões  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  (0,0012, 0,3 e 0,4). Os resultados mostraram que as relações A/M de 0,4 e 0,3 de  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  proporcionaram remoções de biodiesel de 86,8% e maior produção de biogás/metano.

**PALAVRAS-CHAVE:** lodo anaeróbio, biodiesel, efluente, metano.

### EVALUATION OF BODIESEL DEGRADATION IN ANAEROBIC PROCESS

**ABSTRACT:** The generation of biodiesel contaminated effluent can occur from biodiesel production and generated from the washing of biodiesel contaminated soil in the physical treatment process. There are several possibilities for the biological treatment of this type of effluent, which can be processed aerobically or anaerobically. In the present study anaerobic treatment process was employed, and important parameters such as the food/microorganism (F/M) ratio and additions of sodium bicarbonate ( $\text{NaHCO}_3$ ) as a buffering agent were evaluated aiming at methane production by methanogenic bacteria. Various  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  ratios were also evaluated. The experiments were performed in 500 mL conical reactors with 200 mL of synthetic effluent containing 5g/L of biodiesel using anaerobic sludge from a UASB reactor (from the cigarette industry) previously adapted in biodiesel and in different amounts according to the adopted A/M ratios (0.10, 0.20 and 0.40), and different  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  ratios (0.0012, 0.3 and 0.4). The results showed that A/M ratios of 0.4 and 0.3

$\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  provided biodiesel removals of 86.8% and higher biogas/methane production.

**KEYWORDS:** Anaerobic sludge, biodiesel, effluent, methane.

## 1 | INTRODUÇÃO

O biodiesel torna-se uma boa alternativa na substituição do combustível fóssil por apresentar características semelhantes ao óleo diesel e liberar menos compostos poluentes ao meio ambiente e à saúde humana, além de possuir variadas fontes de matéria-prima presentes no território brasileiro.

Em 2020, foram consumidos 6,4 bilhões de litros de biodiesel no Brasil, o que representa um aumento de cerca de 10% em relação a 2019. O percentual de adição obrigatória do biodiesel à mistura com o diesel fóssil foi elevado de 11 para 12% em março de 2020, conforme previsto na Resolução CNPE nº16/2018 (CNPE, 2018).

O biodiesel pode ser produzido a partir de óleos vegetais, tais como óleo de soja, de milho e de mamona, mas também pode utilizar gordura animal, o sebo bovino e óleo residual utilizado em frituras. Sua produção é realizada pela reação de transesterificação com catálise ácida, básica ou enzimática (ZHANG et al., 2012).

Segundo dados da ANP, em dezembro de 2020, a capacidade instalada correspondeu a 10,4 bilhões de litros, dividida entre as 49 usinas produtoras autorizadas (ANP, 2021). Como o consumo deste biocombustível é crescente, isto acaba atraindo mais investimentos em sua produção e em sua comercialização, o que pode tornar este processo mais arriscado em termos de possíveis acidentes de derramamento, podendo contaminar o solo, o ar e as fontes hídricas. A contaminação frequente por compostos químicos oriundos de combustíveis renováveis ou não pode afetar a fauna, a flora e a humanidade de forma irreversível com o passar do tempo. Isso tem direcionado pesquisadores a estudarem técnicas de recuperação e/ou tratamento das áreas afetadas (MILAZZO, 2013).

Outro ponto importante em relação à produção de biodiesel é o efluente gerado pela purificação do biodiesel na produção do mesmo, que vem se expandindo devido à grande demanda do mercado. Tal água residuária oriunda da produção de biodiesel é constituída por sabões, ácidos graxos, glicerina, catalisadores e alcoóis, para garantir melhor qualidade do combustível renovável (GUIMARÃES; BRITO NETO; GALVÃO, 2015).

O tratamento de água residuárias pode ser conduzido sob condições aeróbia ou anaeróbia. A técnica anaeróbia vem sendo investida por trazer menos custo em relação à aeróbia, devido à ausência de oxigênio em seu processo.

Vários trabalhos científicos têm abordado sobre o tratamento de efluente contaminado por biodiesel. Selma et al (2010) estudou a aplicação de reatores anaeróbios de batelada sequencial (ASBR) no tratamento de efluente oriundo da produção de Biodiesel avaliando o efeito da carga orgânica e tempo de preenchimento sobre o desempenho e produção de metano. Bedor et al (2015) avaliaram a suplementação de macro e micronutrientes

no tratamento de efluente da produção de biodiesel. O tratamento biológico anaeróbio foi avaliado após um tratamento físico-químico (coagulação/flotação e flotação), necessário para remoção de óleos e graxas e material coloidal. Diferentes condições de suplementação foram avaliadas na etapa biológica, sendo a suplementação com 2,8 g/L  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 0,6 g/L  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  e 1,0 mL/L micronutrientes a que apresentou maior remoção de demanda química de oxigênio – DQO (98%) e produção específica de metano (268,8 mL  $\text{CH}_4$ /g DQO removida).

Queiroz et al (2016) investigaram e avaliaram o potencial de produção de biogás a partir do tratamento anaeróbio de água residuária gerada na produção de biodiesel. Estes autores investigaram e avaliaram aspectos da produção de biogás por meio da digestão anaeróbia da água residuária gerada na produção de biodiesel em uma Usina de Biodiesel localizada na cidade de Candeias, Bahia, Brasil. A biodegradabilidade anaeróbia foi determinada seguindo a metodologia de monitoramento do consumo de matéria orgânica, durante 28 dias, respeitando relações Alimento/Micro-organismos (A/M) pré-estabelecidas. Os resultados mostraram que para a degradação anaeróbia do efluente da indústria de biodiesel, observou-se uma curta etapa de adaptação dos micro-organismos. Após essa etapa de adaptação, alcançaram-se eficiências de remoção de substrato superiores a 90% e obteve-se uma produção líquida de biogás igual a 114 mL, para uma concentração inicial de DQO igual a 800 mg.L<sup>-1</sup>, respeitando relação A/M igual a 0,25.

Neste contexto, este estudo apresentou como objetivo principal avaliar a potencialidade de lodo anaeróbio de reator UASB oriundo da indústria de produção de cigarros, previamente adaptado em efluente sintético contaminado por biodiesel, no tratamento de efluente sintético contaminado por biodiesel. Tendo como objetivos específicos: avaliar a melhor relação alimento/microrganismo (A/M) e adições de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) como agente tamponante do meio visando produção de metano pelas bactérias metanogênicas.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

### Microrganismo

O lodo anaeróbio denominado C2 foi gentilmente cedido pela Empresa Souza Cruz - Fábrica Uberlândia - MG da unidade de tratamento anaeróbio de efluentes.

### Caracterização do Lodo

Para caracterização do lodo foram realizados os ensaios de sedimentabilidade, índice volumétrico de lodo (IVL), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF) e sólidos suspensos voláteis (SSV) APHA (2012).

## Biodiesel

O biodiesel foi gentilmente fornecido pela Caramuru Alimentos S/A - São Simão - GO.

### Avaliação de Parâmetros do Processo Anaeróbio

Com o lodo previamente adaptado (Etapa 1) foram realizados os testes em que foram avaliadas as seguintes condições: suplementação do meio de cultivo, relação Alimento/Microrganismo (A/M) e adição de bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) na relação  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  no processo de biodegradação de biodiesel na concentração de 5g/L de biodiesel. Nesta etapa foi empregado o meio de cultivo com base no proposto por Chernicharo (2007) e Brandão (2013):  $\text{NH}_4\text{Cl}$  0,164;  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  0,00535;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  0,00322;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,2;  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  0,1; extrato de levedura 0,5;  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  0,002;  $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  0,0005, suplementado com cloreto de cobalto, sulfato de ferro 2 e cloreto de níquel. Estes componentes da suplementação são relatados na literatura como componentes importantes para o desenvolvimento do metabolismo anaeróbio. Diferentes concentrações de  $\text{NaHCO}_3$  foram analisadas 0,0042 (0,0012  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ), 1,0 (0,3  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) e 1,4 g/L (0,4  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) e a relação A/M estabelecida foi determinada pelas as relações entre DQO (mg/L) (A) e SSV (mg/L) (M) de acordo com Queiroz (2016), sendo estas de 0,10, 0,20 e 0,40.

As condições de cada experimento estão apresentadas na Tabela 1. Após preparo do meio e sua esterilização em autoclave a 121°C e 1 atm (manométrica), o procedimento de inoculação dos reatores cônicos de bancada de capacidade de 500 mL seguiram o mesmo protocolo apresentado na etapa de adaptação. Nos quais 200 mL de meio esterilizado após resfriamento foram adicionados em cada reator cônico e realizada purga do meio com gás inerte foi realizado por cerca de 5 minutos. Posteriormente foi rapidamente adicionado 5g/L de biodiesel e 10mL de lodo sedimentado. Os reatores foram imediatamente tampados com rolha de borracha adaptada com mangueira para canalizar os gases gerados visando vedar o sistema e verificar a formação de gases em um sistema ao qual a mangueira era mergulhada.

Os biorreatores (reatores cônicos) foram mantidos sob agitação em mesa oscilatória a 150 rpm por 16 dias. Nos dias 0, 6 e 16 foram analisados resultados de concentração de biodiesel e pH, e as análises de gases e SSV foram realizados em 0 e 16 dias.

A Tabela 1 mostra as condições adotadas em cada experimento.

Experimentos	A/M	NaHCO <sub>3</sub> (g/L)	gHCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /gDQO
1	0,2	0,0042	0,0012
2	0,1	1,4	0,4
3	0,1	0,0042	0,0012
4	0,2	1,0	0,3
5	0,4	1,0	0,3

Tabela 1 - Cronograma dos experimentos avaliados

## Análises Quantitativas

### *Análise de biodiesel por cromatografia gasosa*

Para a quantificação do biodiesel por meio da cromatografia gasosa foi necessário inicialmente realizar a extração do biodiesel da amostra com hexano PA. Para a extração foi empregado funil de separação de fases de capacidade de 60 mL, no qual foi adicionado volume pré-determinado de hexano e amostra. O sistema foi agitado até formação de emulsão e posteriormente foi deixado em repouso para a separação das fases. A fase orgânica foi recolhida para as análises de biodiesel. Após a extração do biodiesel foi necessário fazer diluição para a quantificação no CG, da seguinte maneira: coletou-se 100 µL de biodiesel (fase orgânica) e transferiu-se para balão de 10 mL e completou-se com n-heptano PA. Em seguida, retirou-se 100 µL do balão de 10 mL e transferiu-se para um balão de 1 mL. Neste balão foi adicionado 100 µL de solução padrão interno (heptadecanoato de metila a 13000 mg/L, previamente preparado) e completou-se o balão com n-heptano PA.

Com as amostras preparadas, injetou-as no cromatógrafo a gás (Shimadzu- GC 2010). Para a determinação do percentual de ésteres, segundo a Equação 1, conforme as normas de determinação de ésteres de acordo com a EN 14 103 (2001).

Para a quantificação do éster foi empregado o detector de ionização de chama com coluna capilar RTX-Wax (Restek, 30 m, 0,32 mm i.d, 0,25 µm d.f), injeção split (1:50), temperatura do injetor: 250 °C, volume injetado de 1 µL, temperatura da coluna: 210 °C. Gás de arraste: hélio, com vazão de 30 mL/min.

$$\text{Ésteres (\%)} = \left( \frac{\sum A - A_{PI}}{A_{PI}} \frac{C_{PI}}{C_{amostra}} \right) * 100 \quad (1)$$

Sendo:

$\sum A$  = Somatório das áreas correspondentes aos picos dos ésteres (C14:0 a C24:0);

$A_{PI}$  = Área do padrão interno (C17:0 – Heptadecanoato de metila);

$C_{PI}$  = Concentração do Padrão Interno na amostra injetada (mg/L);

$C_{\text{amostra}}$  = Concentração da amostra injetada (mg/L).

### *Análise de pH*

O pH das amostras foi aferido em pHmetro digital PG2000, o qual foi calibrado previamente com solução tampão.

### *Aferição e Quantificação de Gases Produzidos*

A composição foi determinada por cromatografia gasosa de acordo com o procedimento descrito por Moreira et al (2017). Sendo utilizado Cromatógrafo Shimadzu modelo GC 17-A, equipado com um detector de condutividade térmica e uma coluna capilar Carboxen 1010 (comprimento 30 m, diâmetro interno de 0,53 mm). O Argônio foi utilizado como gás de arraste. As temperaturas do injetor, da coluna e do detector durante as análises foram 230 °C, 30 °C e 230 °C, respectivamente. Os valores obtidos de metano e gás carbônico foram quantificados com o auxílio da curva de calibração.

Para a quantificação do número de mols formados de  $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$  foi realizada a conversão dos valores obtidos em volume (mL) para número de mols empregando a Equação 2 de Clayperon:

$$PV = nRT \quad (2)$$

Sendo:

$T = 25^\circ\text{C}$

$P = 1 \text{ atm}$

$R = 0.082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

### *Determinação de Sólidos Suspenso Totais (SST), Fixos (SSF) e Voláteis (SSV)*

As análises de sólidos suspensos totais (SST), fixos (SSF), voláteis (SSV) foram realizadas de acordo com a metodologia Norma Técnica Interna SABESP NTS 013 (1999).

### *Índice Volumétrico de Lodo (IVL)*

Para a constatação da sedimentalidade do lodo foi realizada a verificação do índice volumétrico de lodo (IVL) que é definido como o volume ocupado por grama de lodo após uma decantação de 30 minutos (SD30). Quando maior o IVL, maior será a sedimentalidade do lodo. A Equação 3 mostra a relação para determinação do IVL:

$$IVL = \frac{SD30}{SSRB} \quad (3)$$

Sendo:

SD30 = Volume ocupado por grama de lodo após uma decantação de 30 minutos

(mg/L)

SSRB = Sólidos suspensos no reator biológico (mg/L)

### *Sedimentabilidade*

Para a determinação da sedimentabilidade homogeneizou-se a amostra de lodo e adicionou-se 1 litro deste em um cone Imhoff de vidro e aguardou-se que ocorresse a sedimentação por 45 minutos. Após 45 minutos, passou-se o bastão de acrílico na borda do cone em movimento circular e no sentido de cima para baixo e aguardou-se por mais 15 minutos. Após este tempo realizou-se a leitura do volume de lodo decantado e calculou-se a sedimentabilidade (S). A equação 4 apresenta a relação para o cálculo da sedimentabilidade.

$$S = \frac{\text{volumedelodose decantado}}{\text{volumetotaldamostra}} \quad (4)$$

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Caracterização do Lodo Biológico

O lodo biológico empregado neste estudo selecionado foi proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes da Souza Cruz- Unidade de Uberlândia, devido aos bons resultados apresentados em trabalhos realizados anteriormente, no Laboratório de Tratamento de Efluentes da Faculdade de Engenharia Química – FEQ/UFU. A Tabela 2 mostra os resultados da caracterização.

Parâmetros	Valores
Sedimentabilidade (mL/L)	700
IVL (mL/g)	11,4
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	72.065,0
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	54.742,5
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	17.322,5

Tabela 2- Caracterização do lodo

### Avaliação de Parâmetros do Processo Anaeróbio

Nesta etapa do processo foram realizados estudos exploratórios em relação a: - suplementação do meio com micronutrientes- cloreto de cobalto, sulfato ferroso 2 e cloreto de níquel por serem relatados na literatura como componentes importantes para o desenvolvimento do metabolismo anaeróbio; - relação A/M (DQO/SSV) de 0,10, 0,20 e 0,40

a fim de avaliar este efeito na eficiência de remoção de biodiesel e na geração de metano; - diferentes adições de  $\text{NaHCO}_3$  em termos da relação  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  (0,0012, 0,3 e 0,4). As condições de operação de cada experimento foram apresentadas na Tabela 1.

A Figura 1 e a Tabela 3 mostram os resultados de remoção de biodiesel para cada experimento nos tempos de 6 e 16 dias de processo.

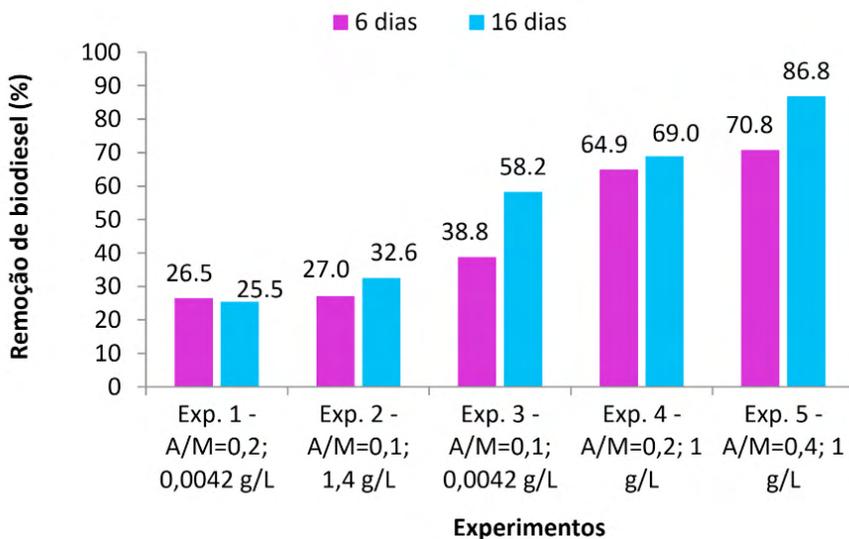


Figura 1 - Comportamento da remoção de Biodiesel em função do tempo de processo para os diferentes experimentos

		Remoções (%)				
Tempo (dias)	Exp.1	Exp.2	Exp.3	Exp.4	Exp.5	
6	26,5 ± 1,8	27,0 ± 1,0	38,8 ± 2,5	64,9 ± 3,0	70,8 ± 2,6	
16	25,5 ± 2,4	32,5 ± 2,0	58,2 ± 1,6	68,9 ± 1,4	86,8 ± 1,8	

Tabela 3 - Resultados de remoções de biodiesel em função do tempo de processo para os diferentes experimentos

Ao analisar os resultados verifica-se que em relação aos experimentos 1 (Meio M4 suplementado com micronutrientes + A/M=0,2 + 0,0012  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) e 4 (Meio M4 suplementado com micronutrientes + A/M=0,2 + 0,3  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) em que ambos empregaram a relação alimento/microrganismo igual a 0,2, porém com relações de bicarbonato de sódio em termos de  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  (0,0012 e 0,3), verifica-se pela Figura 1 que a remoção de biodiesel foi maior para o experimento 4. Ao avaliar estes resultados verifica-se, que as condições adotadas para o experimento 1 (Meio M4 suplementado com micronutrientes + A/M=0,2 + 0,0012  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) não foram favoráveis para a remoção

de biodiesel, sendo os piores resultados obtidos se comparado com os demais ensaios. Este comportamento sugere, que a relação de bicarbonato de sódio ( $0,0012 \text{ gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) para o experimento 1 não foi adequado para equilibrar a concentração de ácidos voláteis produzidos com os consumidos afetando a remoção do contaminante.

As condições adotadas para o experimento 2 (Meio M4 suplementado com micronutrientes + A/M=0,1 + 0,4  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) apresentou o segundo pior resultado de remoção de biodiesel, apresentando remoção de  $32,5\% \pm 2,0$ , respectivamente, em 16 dias de processo (Figura 1) e nenhuma produção de metano foi detectada (Tabela 4).

Isto sugere, que a relação de 0,4  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  de agente tamponante para o experimento 2 não foi favorável para o sistema comparado com o experimento 3, provavelmente houve maior neutralização dos ácidos voláteis do que sua conversão em acetato,  $\text{H}_2$  e  $\text{CO}_2$  para a produção de biogás.

Ao comparar os resultados dos experimentos 4 e 5, o ensaio 4 (Meio M4 + A/M=0,2 + 0,3  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) mesmo com o dobro da quantidade de microrganismos as remoções atingiram valores de remoções inferiores às do experimento 5 (Meio M4 + A/M=0,4 + 0,3  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ). O experimento 5 (Meio M4 + A/M=0,4 + 0,3  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ) apresentou remoção máxima de biodiesel superior a 80% em 16 dias de processo.

Pode-se verificar que pelos resultados apresentados (Figura 1 e Tabela 3) que os maiores valores de remoções de biodiesel foram para as condições empregadas no experimento 5 (Meio M4 suplementado com fontes de níquel, cobalto e ferro, 0,3  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  e relação alimento/microrganismo de 0,4), apresentando remoção de biodiesel de  $86,8\% \pm 1,8$ , assim como a maior produção de metano (Tabela 4). Nesta condição foram observados o maior aumento de percentual de concentração de SSV, faixa de pH para promoção da produção de metano 7,3-6,6 e como consequência a maior quantidade de metano produzido (Tabela 4). Devido a estes resultados apresentados pelo experimento 5, as condições das variáveis deste processo foram adotadas para as próximas etapas empregando reator UASB.

Biogás produzido (mmol) - 16 dias		
Experimentos	$\text{CH}_4$	$\text{CO}_2$
1	0,368	ND
2	ND	0,286
3	0,695	1,881
4	0,700	1,840
5	0,899	1,308

Tabela 4 - Relação de biogás produzido nos diferentes experimentos em 16 dias de processo

Queiroz et al (2016) em seu estudo do potencial de produção de biogás a partir do

tratamento anaeróbio de água residuária gerada na produção de biodiesel avaliaram 4 relações A/M (0,25, 0,31, 0,32 e 0,40) para tratar efluente com carga de DQO variando de 800 a 1000 mgO<sub>2</sub>/L e obtiveram como melhor relação 0,25 promovendo remoções de DQO superiores a 90% para uma concentração inicial de DQO de 800 mg/L.

No trabalho de Aquino et al (2007), sobre metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios relataram que para lodo de esgoto sanitário com concentrações iniciais de 5,2 a 10 gSSV/L as melhores relações de alimento/microrganismo são na faixa de 0,3 a 0,5 gDQO/gSSV, com concentração de lodo igual a 2,5 gSSV/L, faixa A/M de 0,8 a 1,8 gDQO/gSSV. Para substrato a base de uma mistura de ácidos graxos voláteis a melhor relação foi de 0,25 gDQO/gSSV. Além dos resultados apresentados por estes autores é relatado a necessidade de avaliar a melhor relação alimento/microrganismo de acordo com o lodo anaeróbio a ser utilizado, devido as suas particularidades.

A seguir, a Figura 2 mostra os resultados do comportamento do pH para os diferentes experimentos ao longo do processo em 0, 6 e 16 dias. Ao analisar o comportamento do pH verifica-se que a variação do pH ficou na faixa de 6,0 a 8,0, exceto para o experimento 3, que variou em torno de 5,0 a 6,0, sendo uma faixa bastante favorável para a fase acidogênica.

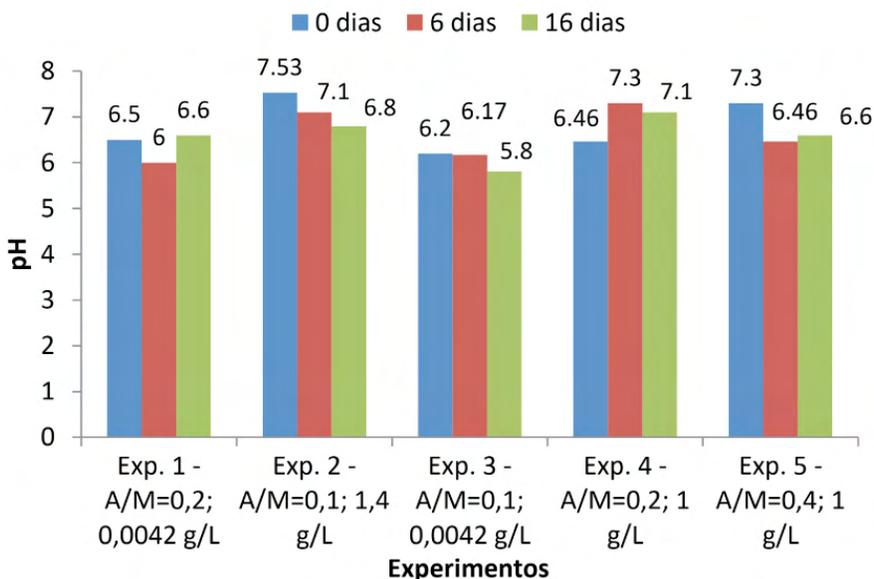


Figura 2 - Comportamento do pH em função do tempo de processo para os diferentes experimentos

No trabalho de Brayan et al. (2015) foi estudado o efeito da relação alimento/microrganismo sobre o potencial bioquímico de metano de bioresíduos de origem municipal. Neste trabalho os experimentos foram realizados em reatores de 250 mL, por 40 dias, a 30

°C, utilizou 7 relações de alimento/microrganismo que variou de 0,25 a 9,0, foi adicionado solução de micro e macronutrientes e 4% de  $\text{NaHCO}_3$  como agente tamponante. Foi verificado a variação do pH na faixa de 5,54 - 7,23 e a DQO inicial foi de 137.839,06 mg/L e atingiu DQO final de 35.604,49 mg/L. Em relação a produção de metano a relação A/M=9,0 não apresentou aumento significativo e justificou que quanto maior a relação A/M, menor é a quantidade de microrganismos disponíveis para transformação dos produtos fermentativos, com isso o acúmulo de ácidos orgânicos voláteis e o favorecimento da fase hidrolítica gerando compostos orgânicos provocando o aumento de matéria orgânica no meio e consequentemente baixa degradação. Houve maior produção de metano e biodegradação para valores inferior a 0,6. Em relação à concentração de 4% de bicarbonato de sódio empregada apresentou boa neutralização para as relações entre 0,25 a 2 e para valores de A/M entre 4 e 9, tal concentração de bicarbonato de sódio foi insuficiente para a neutralização dos ácidos voláteis, provocando o acúmulo desses ácidos no sistema e o desequilíbrio do processo anaeróbico e assim verificou a necessidade de complementação do neutralizante. Diante disso, os autores concluíram que para valores baixos de pH, de alcalinidade de bicarbonato e altas concentrações de ácidos voláteis indicam a necessidade da adição de neutralizante no substrato. Assim, a suplementação por macro e micronutrientes, o controle do pH e da relação alimento/microrganismo permite menores tempos de retenção, estabilidade durante o processo anaeróbico e bons desempenho do sistema.

Em relação aos resultados de SSV obtidos no presente trabalho verificou-se, que houve crescimento celular em 16 dias para todas as condições experimentais avaliadas. Vale salientar, que o experimento 5 começou com uma maior relação A/M de 0,4 e apresentou um dos maiores percentuais de crescimento quando comparado a relação A/M de 0,2 com segundo maior percentual inicial de SSV. Este comportamento reforça e justifica as maiores remoções de biodiesel obtida, a maior produção de metano produzido e maior estabilidade da relação AI/AP nas condições do experimento 5 (Meio M4 + A/M=0,4 + 0,3  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$ ).

## 4 | CONCLUSÕES

O experimento com suplementação de nutrientes ( $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) ao meio de cultura convencional para o processo anaeróbico avaliado empregando a relação A/M igual a 0,4 e a adição de  $\text{NaHCO}_3$  em termos de  $\text{gHCO}_3^-/\text{gDQO}$  de 0,3 apresentou as melhores condições de operação, devido ao maior valor de remoção de biodiesel obtida de 86,8%. Nestas condições, também, foram observados o maior aumento percentual de concentração de SSV, a faixa de pH verificada para a produção de metano foi de 7,3-6,6 e como consequência a maior quantidade de metano produzido.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais - FAPEMIG, CAPES e CNPq – Brasil e à Faculdade de Engenharia Química (FEQUI-UFU) e as Empresas Caramuru Alimentos S/A – São Simão – GO, pelas amostras de biodiesel e a Souza Cruz- Fábrica Uberlândia, pela amostra de lodo anaeróbio.

## REFERÊNCIAS

- ANP. (2021c). Informações de Mercado - Biodiesel. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, Rio de Janeiro. Acesso em 18 de Fevereiro de 2021, disponível em <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-debiocombustiveis/biodiesel/biodiesel/informacoes-de-mercado>.
- AQUINO, S. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; FORESTI, E.; DOS SANTOS, M. L. F.; MONTEGGIA, L. O. Metodologias para determinação da atividade metanogênica específica (AME) em lodos anaeróbios. **Eng. Sanit. Ambient**, v. 12, n. 2, 197-201, 2007.
- BEDOR, Priscila; CRUZ, João Victor Roza; YOKOYAMA, Lídia; CAMMAROTA, Magali Christe. Avaliação da suplementação de macro e micronutrientes tratamento de efluente da produção de biodiesel. Anais do XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ, 20, 2014. São Paulo: Blucher, v1 p. 9321-9328, 2015.
- BRANDÃO, Camilo Aurélio. **Remoção de cromo (vi) e carbono orgânico total em biorreatores híbridos sequenciais**. 2013. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.
- BRAYAN, A. PARRA-OROBIO; LOZADA, P. T; REBÉLLON, L. F. M; LINA, M. C. C; FRANCO, C. V; LÓPEZ, W. A. T; ANDRADE, J. A. O. Efecto de la relación sustrato-inóculo sobre el potencial bioquímico de metano de biorresiduos de origen municipal. **Ingeniería Investigación y Tecnología**, México, v. 16, n. 4, p.515-526, dez. 2015.
- CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbios**. 2 ed. vol. 5. Belo Horizonte: Segrac. 380 p.2007.
- CNPE. (2018). Resolução CNPE nº 16, de 29 de outubro de 2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Conselho Nacional de Política Energética. Brasília: Diário Oficial da União. Fonte: [www.mme.gov.br/documents/10584/71068545/Resolucao\\_16\\_CNPE\\_29-10-18.pdf/](http://www.mme.gov.br/documents/10584/71068545/Resolucao_16_CNPE_29-10-18.pdf/).
- GUIMARÃES, S. G. Moura de Oliveira et al. Tratamento do efluente gerado na produção de biodiesel utilizando os processos oxidativos avançados-foto-fenton - em luz artificial. In: Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 1, 2015, Campina Grande. Anais Conepetro, Campina Grande: Realize, 2015. Disponível em: <[http://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/Modalidade\\_4datahora\\_30\\_03\\_2015\\_21\\_45\\_30\\_idinscrito\\_1722\\_293cea4ceb7dc24cbf0b949f6b039015.pdf](http://www.editorarealize.com.br/revistas/conepetro/trabalhos/Modalidade_4datahora_30_03_2015_21_45_30_idinscrito_1722_293cea4ceb7dc24cbf0b949f6b039015.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2017.
- MILAZZO, M. F.; SPINA, S.; CAVALLARO; BART, J. C J. Sustainable soy biodiesel. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.27, p. 806-852, 2013.

MOREIRA, F. S.; MACHADO, R. G.; ROMÃO, B. B.; BATISTA, F. R. X.; FERREIRA, J. S.; CARDOSO, V. L. Improvement of hydrogen production by biological route using repeated batch cycles. **Process Biochemistry**, s.l, v. 58, p.60-68, jul. 2017.

QUEIROZ, L. M. et al. Potencial de produção de biogás a partir do tratamento anaeróbio de água residuária gerada na produção de biodiesel. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 21, 2016, Fortaleza. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Engenharia Química - COBEQ, 2016. Fortaleza: Blucher, 2016.

Selma, V. C., Cotrim, L. H., Rodrigues, J. A., Ratusznei, S. M. Zaiat, M. and Foresti, E., ASBR applied to the treatment of biodiesel production effluent: effect of organic load and fill time on performance and methane production, **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.162, p.2365-2380, 2010.

ZHANG, B.; WENG, Y.; XU, H.; MAO, Z. Enzyme immobilization for biodiesel production. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.93, n.1, p.61-70, 2012.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

- Actividade leishmanicida 117
- Adsorção 92, 94, 144
- Agente tamponante 154, 156, 162, 164
- Alfabetização científica 81, 88, 89, 90
- Amostragem 103, 167, 171, 180, 183, 184, 188
- Análise de Componente Principal - PCA 61, 65, 71, 75
- Análise elementar 61, 67
- Antioxidante 107, 108, 130
- Arrhenius 1, 6, 8, 9
- Atividades experimentais 13, 14, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 34, 39, 44
- Avaliação diagnóstica 26, 31, 34, 35, 39, 40

### B

- Bactérias metanogênicas 154, 156
- Biodiesel 145, 154, 155, 156, 157, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166
- Bioetanol 143, 144, 145
- Biomassa 144

### C

- Células de combustível 143
- Ciências da natureza 2, 24, 83, 90
- Citometria de fluxo 117
- Citotoxicidade 108, 117
- Cocaína 178, 179, 180, 181, 182, 189, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199
- Conhecimento científico 1, 3, 46, 80, 82, 83, 84, 85, 86, 89
- Contaminantes de interesse emergente 178, 179, 180, 201
- Crack 180, 181, 189, 197, 198, 199
- Cromatografia gasosa 158, 159, 167, 172
- Cromonas 132, 133, 134, 135

### D

- Docência 78, 80, 87, 201

## **E**

Educação ambiental 46, 52, 54, 55, 58, 59, 60, 78, 89, 201

Efeito estufa 167, 168, 169, 176, 177

Efluente 154, 155, 156, 163, 165, 169

Eletrodeposição 91, 96, 97, 98, 105

Energia renovável 144

Ensino de ciências 20, 24, 25, 38, 52, 54, 55, 59, 60, 78, 82, 83, 88, 89, 90, 201

Ensino de química 1, 2, 10, 14, 25, 26, 27, 32, 33, 37, 38, 39, 42, 43, 44, 47, 50, 51, 52, 81, 84, 85, 89, 90, 201

Enzima 122

Espectrofotômetro UV-Vis 107, 111

Espectrometria de fluorescência de raios x 61, 69, 75

Espectroscopia na região do infravermelho 107, 110, 113

Extração por Sorção em Barra de Agitação - SBSE 91, 92, 102, 106

## **H**

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 91, 92

Hidrólise 98, 180, 181, 191

## **I**

Intervenção pedagógica 1, 3, 10

## **L**

Lago Paranoá 167, 169, 173, 174, 175

Lei de Diretrizes e Base da Educação - LDB 2

Letramento científico 78, 80, 81, 83, 87, 88, 89, 90, 201

Licenciatura em química 42, 51, 52, 78, 80, 85, 86, 88

Lixo 46, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 60

## **M**

Meio ambiente 45, 46, 47, 48, 50, 53, 55, 59, 60, 98, 155

Metabólitos 133, 180, 181, 183, 199

Microscopia Eletrônica de Transmissão - MET 107, 110, 112

Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV 144

## **N**

Nanomateriais 114

Nanotecnologia 107

## O

Óleo de cozinha 42, 46, 47, 48, 50, 51

Oxirredução 26, 28, 38, 98, 107, 108

## P

Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN 2, 14, 27, 38, 51, 81

Pigmentos rupestres 61, 63, 64, 69, 70, 75

Poluição ambiental 53, 55

Potencial farmacológico 132

Potencial zeta 107, 110, 114

Processo anaeróbio 154, 157, 160, 164

Processo de aprendizagem 9, 14, 43, 50, 78, 84, 87

Produtos de metabolização 178, 183

## R

Reação de ciclização eletrofílica 132, 138, 141

Reação de condensação do tipo Perkin 117

Reação de oxidação 30, 36, 144

Reciclagem 42, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 105

Recursos audiovisuais 6, 13, 14, 15

Rede federal de ensino 78, 88

Resíduos de drogas de abuso 178

Resíduos sólidos 45, 46, 52, 53, 54, 55, 56, 60

## S

Sabão ecológico e artesanal 42

Sedimentos finos 167, 174, 175

Síntese verde 107, 108

Sítios arqueológicos 61, 63, 64, 65, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 77

Solventes tóxicos 132

Substrato metálico 91, 94, 98, 105

## T

Técnica de *headspace* 167

Teor carbono orgânico 167

Tratamento biológico 154, 156

## V

Voltametria cíclica 144

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

# 3

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Editora  
Ano 2021

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

# 3

 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)  
 @atenaeditora  
 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Editora  
Ano 2021