



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Química:

Desvendando propriedades e
comportamentos da matéria 2

Atena
Editora
Ano 2022



Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
(Organizador)

Química:

Desvendando propriedades e
comportamentos da matéria 2

 **Atena**
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 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-NãoDerivativos 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 Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

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 Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
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
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
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



Química: desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
Q6	<p>Química: desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0486-6 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.866221409</p> <p>1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 540.7</p>
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



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 intitulado: “Química: Desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2 ” é constituído por dez capítulos de livros que foram divididos em três eixos-temáticos: *i)* ensino de química; *ii)* química inorgânica e suas aplicações e; *iii)* produção de álcool e química ambiental.

O primeiro tema é constituído por três capítulos que procuraram investigar as dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de química sob o olhar do aluno em relação às aulas no sistema remoto e as dificuldades enfrentadas por futuros professores de química durante a pandemia do COVID-19 (março/2020 a dezembro/2021). O terceiro capítulo apresentou um estudo em relação ao tema “Estação Meteorológica” como gerador do conhecimento químico.

Os capítulos de 4 a 7 apresentam trabalhos que procuraram investigar a química inorgânica e suas diferentes aplicações, entre as quais: *i)* transformação do 2-metilofeno sobre argila modificada pela incorporação de zinco; *ii)* a importância do conhecimento dos compostos de coordenação; *iii)* introdução de filmes finos de CeO_2 sobre a superfície de materiais cerâmicos com porosidade construída de TiO_2 utilizando a técnica de réplica e; *iv)* utilização de Terras Raras como indicador fotoluminescente de pH.

Por fim, o terceiro eixo temático apresenta um estudo que demonstra o potencial de produção de etanol de segunda geração a partir da biomassa vegetal da Gigoga (vegetal que se prolifera em ambientes aquáticos de águas doces e salobras com elevada contaminação). O oitavo capítulo apresenta a eficiência da biomassa proveniente da maçã como bioadsorvente de Cu(II) , Fe(II) e Ni(II) . Finaliza-se com o capítulo 10 que apresenta um estudo para remoção do hormônio 17 α -Ethinilestradiol sob cristais de WO_3 e ativados por luz policromática.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando de forma a estimular e incentivar cada vez mais pesquisadores do Brasil e de outros países a publicarem seus trabalhos com garantia de qualidade e excelência em forma de livros, capítulos de livros e artigos científicos.


Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ENSINO REMOTO EM MEIO À PANDEMIA DA COVID-19: DIFICULDADES E PERCEPÇÕES DE BOLSISTAS PIBID E ALUNOS NO ENSINO DE QUÍMICA


Caren Layssa Marques Santana
Werley Denison Lima de Lima
Alexsandro Sozar Martins
Ana Rosa Carriço de Lima. M. Duarte
Kelly das Graças Fernandes Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214091>

CAPÍTULO 2..... 7

RELATO DE AULAS REMOTAS EM COMPONENTES CURRICULARES EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA NO ENSINO


Aline Valquiria da Silva Maciel
Brenda Vanzin Ribas
Edneia Durlí

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214092>

CAPÍTULO 3..... 10

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA


Carla Aparecido da Silva Lopes
Eliane Flora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214093>

CAPÍTULO 4..... 13

ESTUDO DAS TRANSFORMAÇÕES DO 2-METILTIOFENO SOBRE A ARGILA KSF MODIFICADA ATRAVÉS DA PILARIZAÇÃO E INCORPORAÇÃO DE ZINCO

Manuela Lisboa de Oliveira
Vivian Lima dos Santos
Eneida Andrade Cardoso
Vitor Almeida de Novaes Galvão
Angelica Amaral de Oliveira
Arthur Pinto Mariano
Ronaldo Costa Santos
Luiz Antônio Magalhães Pontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214094>

CAPÍTULO 5..... 25

INTRODUÇÃO A QUÍMICA DOS COMPOSTOS POR COORDENAÇÃO


Emanoel Jorge Silva Gomes
Silvia Cristianne Nava Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214095>

CAPÍTULO 6..... 35

SÍNTESE DE FILME FINO DE CeO₂ SUPORTADO EM CERÂMICA POROSA DE TiO₂ A PARTIR DA TÉCNICA DE RÉPLICA


Daniel Coelho do Amaral
Alley Michael da Silva Procópio
Isabela Cristina Fernandes Vaz
Ana Cristina Tolentino Cabral
Márcio Roberto de Freitas
Mercês Coelho da Silva
Francisco Moura Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214096>

CAPÍTULO 7..... 44

INDICADOR FOTOLUMINESCENTE DE pH: UMA INTRODUÇÃO ÀS TERRAS RARAS


José Gabriel Santos Barbosa
Jorge Fernando Silva de Menezes
Andrei Marcelino Sá Pires Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214097>

CAPÍTULO 8..... 60

ANÁLISE DO POTENCIAL DA GIGOGA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO VIA ROTA QUÍMICA


Carolina Mello Coutinho Fonseca
Marina Pinheiro Gomes
Gisel Chenard Díaz
Yordanka Reyes Cruz
Leonard Guimarães Carvalho
Donato Alexandre Gomes Aranda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214098>

CAPÍTULO 9..... 75

BIOMASSA DE MAÇÃ COMO BIORSORVENTE PARA REMOÇÃO DE Cu(II), Fe(II) E Ni(II) EM SOLUÇÕES AQUOSAS

Aline Raiza Aparecida Ribeiro
Alexandre Gomes
Aline Rocha Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8662214099>

CAPÍTULO 10..... 86

FOTODEGRADAÇÃO DO 17 α -ETINILESTRADIOL SOB CRISTAIS DE WO₃ SUPORTADOS EM SBA-15 ATIVADOS POR LUZ POLICROMÁTICA

Antonio Ferreira Soares Filho
Luis Fernando Guimarães Noletto
Vitória Eduardo Mendes Vieira
Renato Pereira de Sousa
Geraldo Eduardo da Luz Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.86622140910>

SOBRE O ORGANIZADOR.....	101
ÍNDICE REMISSIVO.....	102

CAPÍTULO 8

ANÁLISE DO POTENCIAL DA GIGOGA PARA A PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO VIA ROTA QUÍMICA

Data de aceite: 01/09/2022

Data de submissão: 10/08/2022

Carolina Mello Coutinho Fonseca

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/2580222146327031>
ID Orcid 0000-0001-7275-9532

Marina Pinheiro Gomes

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/6580180586859193>
ID Orcid 0000-0001-9587-6045

Gisel Chenard Díaz

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/0508124357020553>
ID Orcid 0000-0002-3892-1556

Yordanka Reyes Cruz

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/2484115263109864>
ID Orcid 0000-0002-2309-3698

Leonard Guimarães Carvalho

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/5133335745101111>
ID Orcid 0000-0003-1481-7786

Donato Alexandre Gomes Aranda

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ
<http://lattes.cnpq.br/9833601447849479>
ID Orcid 0000-0002-5736-4118

RESUMO: O aumento do preço de combustíveis fósseis, a alta emissão de gases de efeito estufa, gerada pela queima desses combustíveis, e seu possível esgotamento, estão impulsionando pesquisas pela busca de novas tecnologias e fontes renováveis para a produção de biocombustíveis como o etanol, que já é produzido, mas com o aumento de sua demanda, estudos buscam novas alternativas para sua geração. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial de folhas e rizomas/raízes da Gigoga, disponibilizada pela hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupiá), como matéria-prima para produção de etanol de segunda geração, visto que a ocorrência de um excesso desta planta nas turbinas da hidrelétrica vem se tornando um problema. No intuito de alcançar o objetivo principal, foi realizada a caracterização química da biomassa de Gigoga e a avaliação de uma rota tecnológica que visa a conversão química da biomassa em etanol de segunda geração. A rota proposta consta de quatro etapas: (a) hidrólise ácida da biomassa lignocelulósica triturada para remoção do hidrolisado hemicelulósico; (b) tratamento básico para deslignificação da fração de celulignina; (c) hidrólise ácida da celulose para disponibilização dos açúcares; (d) fermentação dos hidrolisados

hemicelulósico e celulósico. Após o processamento da biomassa, os resultados encontrados para as concentrações de etanol oriundas do hidrolisado hemicelulósico foram 6,47 g/L, 8,02 g/L e 8,76 g/L; já do hidrolisado celulósico foram 10,26 g/L, 11,48 g/L e 9,34 g/L, para as porcentagens de 25%, 50% e 75% de cada hidrolisado, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Gigoga; Biomassa lignocelulósica; Etanol; Segunda geração; Rota química.

ANALYSIS OF GIGOGA POTENTIAL FOR THE PRODUCTION OF SECOND GENERATION ETHANOL VIA CHEMICAL ROUTE

ABSTRACT: The increase in the price of fossil fuels, the high emission of greenhouse gases generated by the burning of these fuels, and their possible depletion, are driving research in the search for new technologies and renewable sources for the production of biofuels such as ethanol, which already is produced, but with the increase of its demand, studies look for new alternatives for its generation. In this context, the objective of this work was to evaluate the potential of leaves and rhizomes/roots of Gigoga, made available by the Engenheiro Souza Dias hydroelectric plant (Jupiá), as raw material for the production of second-generation ethanol, since the occurrence of an excess of this plant in the hydroelectric turbines has become a problem. In order to reach the main objective, the chemical characterization of the biomass of Gigoga was carried out and the evaluation of a technological route that aims at the chemical conversion of biomass into second-generation ethanol. The proposed route consists of four steps: (a) acid hydrolysis of the crushed lignocellulosic biomass to remove the hemicellulosic hydrolyzate; (b) basic treatment for delignification of the cellulignin fraction; (c) acid hydrolysis of cellulose to make sugars available; (d) fermentation of the cellulosic and hemicellulose hydrolysates. After biomass processing, the results found for ethanol concentrations from the hemicellulosic hydrolyzate were 6,47 g/L, 8,02 g/L and 8,76 g/L; for the cellulosic hydrolyzate, they were 10,26 g/L, 11,48 g/L and 9,34 g/L, for the percentages of 25 %, 50 % and 75 % of each hydrolyzate, respectively.

KEYWORDS: Gigoga; Lignocellulosic biomass; Ethanol; Second generation; Chemical route.

1 | INTRODUÇÃO

A demanda global por eletricidade vem crescendo ao longo do tempo. Segundo a Energy Information Administration (EIA, 2020), até 2050 haverá um crescimento dessa demanda em 3,1% proveniente de indústrias de diversos setores. Muito por conta desse aumento vem pensando-se cada vez mais no tema sustentabilidade, pois a preocupação com o meio ambiente tem aumentado e a sociedade como um todo vem desenvolvendo iniciativas cada vez mais concretas para mitigar os impactos ambientais.

Estudos em torno de processos que facilitem o uso de matérias-primas ambientalmente amigáveis vêm aumentando gradativamente, principalmente em relação a descobertas de fontes renováveis variadas. Levando em conta que a matriz energética brasileira é composta, prioritariamente, por fontes não renováveis como derivados do petróleo, carvão mineral e gás natural, essa busca por novas fontes de energia limpa é

de extrema importância, pois entre os vários aspectos que prejudicam o meio ambiente estão as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, resultante da queima desses combustíveis fósseis.

Foi a partir dessa busca, juntamente com o aumento da demanda e das variações econômicas em relação ao petróleo, que se intensificaram os estudos e pesquisas relacionadas com biomassas, fazendo com que os biocombustíveis ganhassem espaço mundialmente, uma vez que é uma fonte energética renovável e sustentável. De acordo com a EIA (2020), até 2050, 38% das fontes de energia podem se tornar renováveis, mesmo que ainda hoje dados desse estudo indiquem que mais de 80% da matriz energética de consumo global seja composta por fontes não renováveis.

Durante o ano de 2019, houve um crescente consumo de álcool etílico hidratado. De acordo com a União Nacional da Bioenergia (UDOP, 2020), segundo dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), nesse período, obteve-se um recorde no consumo de etanol no Brasil, na ordem de 32,8 bilhões de litros, isto é, 10,5% de crescimento em relação a 2018, sendo desse total, 22,5 bilhões de litros de álcool etílico hidratado.

Visto toda essa ascensão da utilização de biocombustíveis, principalmente do etanol proveniente da cana-de-açúcar, de acordo com (MANOCHIO, 2014), começou-se a pensar em outras biomassas vegetais com grande potencial para a produção de etanol, tais como: sacarídeas (cana-de-açúcar, beterraba e sorgo sacarino), amiláceas (milho, trigo, cevada e mandioca) e lignocelulósicas (serragem, bagaço de cana, palha de cana, entre outros).

A escolha entre essas biomassas depende muito de fatores relacionados à região onde será cultivada, entre eles, o clima, a qualidade do solo, as tecnologias disponíveis, o mercado de insumos, a disponibilidade de terras, etc.

Quanto às rotas de produção, elas são divididas em duas categorias: de primeira (1G) e segunda geração (2G). De acordo com (SANTANA, 2013), as de primeira geração são produzidas diretamente de culturas ricas em sacarose e amido, plantadas propriamente para a produção de etanol; já as de segunda geração empregam biomassas residuais de composição lignocelulósica que, para serem utilizadas, passam por diversas etapas de tratamento que visam a disponibilização dos monossacarídeos fermentáveis.

Atualmente, a principal matéria-prima usada no Brasil na produção de etanol de primeira geração é a cana-de-açúcar, porém, com o aumento da demanda por biocombustíveis, biorrefinarias vêm realizando esforços para desenvolver e aplicar tecnologias voltadas para a produção de combustíveis de segunda geração, utilizando como matéria-prima a biomassa lignocelulósica.

Dos Santos et al. (2021) estimaram que “no Brasil a quantidade de resíduos lignocelulósicos gerada anualmente é de aproximadamente 350 milhões de toneladas”.

Nesse contexto, foi desenvolvido o presente trabalho que visa avaliar o potencial da biomassa de Gigoga, planta aquática retirada durante a limpeza e manutenção das turbinas

da hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupia) – propriedade da CTG Brasil, localizada no rio Paraná entre as cidades de Andradina e Castilho (SP) e Três Lagoas (MS), como matéria-prima na produção de etanol de segunda geração. Obtendo-se um resultado positivo no estudo experimental com a rota de conversão química proposta, a empresa avaliará formas para integrar a produção de etanol ao processo produtivo atual.

Tendo em vista então a extensão do mercado de etanol e as inúmeras variedades de biomassa, a produção de etanol de segunda geração se torna uma crescente aposta para o futuro.

2 | MATERIAIS E METODOS

2.1 Matéria-prima

2.1.1 Obtenção da biomassa da Gigoga

A biomassa lignocelulósica foi disponibilizada pela hidrelétrica Engenheiro Souza Dias (Jupia) – propriedade da CTG Brasil, localizada no rio Paraná entre as cidades de Andradina e Castilho (SP) e Três Lagoas (MS), para ser utilizada como matéria-prima para produção de etanol de segunda geração, visto que a ocorrência de um excesso desta planta nas turbinas da hidrelétrica vem se tornando um problema.

A matéria-prima foi entregue para a análise já na forma triturada (Figura 2).



Figura 2. Biomassa de Gigoga triturada utilizada

2.1.2 Caracterização

A biomassa de Gigoga foi caracterizada para determinar a quantidade de hemicelulose e celulose presente na sua composição.

Em triplicata foram pesadas 200 mg de biomassa de Gigoga triturada bem fina em

forma de pó, as quais foram transferidas para Erlenmeyers de 120 ml. Foram adicionados 3 ml de ácido sulfúrico 72 % a cada amostra e agitadas até homogeneização. Foi realizado um aquecimento em banho maria a 30 °C por uma hora, agitando-se os frascos a cada 10 minutos. Em seguida, adicionaram-se a cada meio 84 ml de água destilada, diluindo o ácido para 4 %. Os frascos foram vedados e autoclavados por uma hora a 121 °C, 1 atm para tratamento térmico. Os hidrolisados obtidos foram filtrados em membranas previamente calcinadas a 575 °C por 1 hora e pesadas. Removido cada hidrolisado, o resíduo retido nas membranas foi lavado com água destilada e seco a 100 °C por 24 horas em estufa. Após secagem, as membranas foram novamente pesadas e calcinadas em mufla a 550 °C por 5 horas. Após resfriar, pesaram-se novamente (VERVERIS, 2007).

O hidrolisado obtido foi neutralizado com hidróxido de cálcio entre o pH 5-6 e em seguida filtrado a vácuo em papel de filtro, com auxílio do funil de Buchner lavando o precipitado com água. O hidrolisado foi avolumado com água em balão volumétrico de 200 ml. Determinou-se a concentração de glicose e açúcares redutores totais de acordo com os métodos enzimáticos de glicose oxidase (GOD) e o método de determinação de açúcares redutores totais (DNS), respectivamente, conforme descrito a seguir.

Para o método do DNS adicionaram-se 200 μ L da amostra e 600 μ L do DNS em um tubo Falcon e aqueceu-se em banho maria a 100 °C por 5 minutos. Posteriormente, esperou-se atingir a temperatura ambiente e adicionaram-se 3 ml de água destilada. Foi feito o branco nas mesmas condições, substituindo a amostra por água destilada. Ao fim, foi lida a absorbância no espectrofotômetro UV-VIS a 540 nm (Miller, 1959).

O preparo do DNS consistiu-se em dissolver 10,6 g de ácido 3,5 dinitrosalissílico e 19,8 g de NaOH em 1416 ml de água destilada. Em seguida foram adicionadas 306 g de Rochelle salt (tartarato de sódio e potássio), 7,6 ml de fenol aquecido a 50 °C e 8,3 g de metabissulfito de sódio. Conservou-se em frasco âmbar a temperatura ambiente. Foi preparada uma curva padrão com solução de glicose nas concentrações de 0,1 a 1 g/L conforme o procedimento.

Para o método do GOD: adicionaram-se 20 μ L da amostra e 2 ml de GOD em um tubo Falcon. Aqueceu-se a mistura em banho a 37 °C por 15 minutos. Posteriormente, depois de atingir a temperatura ambiente, adicionaram-se 2 ml de água destilada e seguidamente as absorbâncias das amostras foram lidas no espectrofotômetro a 505 nm. O branco e o padrão foram feitos nas mesmas condições, substituindo a amostra por água destilada e pelo padrão, respectivamente (kit enzimático Bioclin).

2.2 Produção de etanol de segunda geração

A rota química escolhida para a produção de etanol parte da biomassa triturada e é composta pelas seguintes etapas: hidrólise ácida da biomassa lignocelulósica; tratamento alcalino de deslignificação da fração de celulignina resultante da etapa anterior, hidrólise ácida da celulose e fermentação dos hidrolisados hemicelulósicos e celulósicos. Assim,

tem-se uma tecnologia que inova o conceito da produção de etanol de segunda geração empregando somente tratamentos químicos.

2.2.1 Hidrólise ácida da biomassa lignocelulósica

Para a hidrólise da hemicelulose, utilizou-se uma solução de 0,8 % m/m de ácido sulfúrico em relação à massa seca de biomassa, tendo a vista o teor de umidade da biomassa de gigoga de 16,38 %. A solução preparada foi borrifada sobre a biomassa triturada, sendo a proporção líquido/biomassa seca de 4:1. O sólido umedecido foi depositado em frascos tipo Erlenmeyer de 500 ml, tampado com papel de alumínio e fita crepe e submetido ao tratamento térmico em autoclave à temperatura de 120°C e pressão de 1 atm, durante 30 minutos (VIANA, 2017).

Em seguida, o material proveniente da hidrólise ácida da hemicelulose foi submetido a prensagem para a separação da fase líquida, hidrolisado hemicelulósico, da fase sólida, torta residual (celulignina). Esta etapa foi realizada utilizando uma prensa hidráulica a uma pressão entre 5 a 6 toneladas. Ajustou-se o pH do hidrolisado hemicelulósico de 5 até o valor de 6,0 pela adição de hidróxido de cálcio, permitindo assim a precipitação dos íons sulfato na forma de sulfato de cálcio, que foram posteriormente separados por filtração a vácuo. O hidrolisado final obtido foi conservado para ser posteriormente submetido à fermentação alcoólica.

A torta residual composta de celulignina foi lavada com água com o auxílio de uma peneira até o pH da água de lavagem atingir a neutralidade e ficar transparente. Após lavagem, a torta úmida foi seca em estufa a 105°C para posteriormente ser submetida à deslignificação alcalina.

2.2.2 Deslignificação alcalina da celulignina

A torta residual seca, obtida no item 2.2.1, foi submetida ao processo de deslignificação usando uma solução de hidróxido de sódio 1 % m/m de NaOH em relação à massa seca de torta. Sendo a relação sólido/líquido de 1:20. A torta com álcalis foi depositada em frascos tipo Erlenmeyer, vedado com papel de alumínio e fita crepe, e autoclavada. Uma parte da torta sofreu a solubilização da lignina a uma temperatura de 120 °C a 1 atm por 30 minutos e o restante da torta contendo celulignina foi autoclavada a 100 °C e 0,5atm por 30 minutos, alterando o rendimento de cada hidrólise pela modificação das condições (VIANA, 2017).

O produto do tratamento foi prensado a 6 toneladas de pressão, separando a fase líquida (licor negro) da fase sólida (torta). O licor negro possuindo pH 7 contém a lignina dissolvida. A torta residual obtida pela prensagem contém a celulose e foi lavada e secada em estufa a 105 °C.

2.2.3 Hidrólise ácida da celulose

A torta resultante da hidrólise alcalina conforme item 2.2.2, foi submetida a uma hidrólise ácida. Para a hidrólise ácida deste polissacarídeo, a torta, rica em celulose, foi misturada com uma solução de ácido sulfúrico, preparada com 2 % m/m de H_2SO_4 em relação à massa seca de torta. A relação líquido/sólido utilizada foi de 4:1. O sólido umedecido foi depositado em frascos tipo Erlenmeyer e submetido ao tratamento térmico em autoclave a 120 °C e 1 atm durante 30 minutos.

Após esse tratamento, separou-se, por prensagem em prensa hidráulica a 6 toneladas de pressão, a fase líquida (o hidrolisado celulósico), da fase sólida (a torta residual final), a qual é descartada. O hidrolisado celulósico teve seu pH ajustado de 4 até o valor de 6, pela adição de hidróxido de cálcio. Após neutralização, filtrou-se o hidrolisado para remoção do sulfato de cálcio formado, obtendo-se o hidrolisado final, o qual é conservado em frasco âmbar na geladeira. (VIANA, 2017)

2.2.4 Fermentação dos hidrolisados hemicelulósico e celulósico

A fermentação dos hidrolisados foi realizada de acordo com a seguinte metodologia: preparação do meio em Erlenmeyer de 250 ml; autoclavagem dos meios de cultivo vedados; adição do microrganismo e hidrolisado na capela de fluxo laminar; amostragem dos meios; montagem da aparelhagem com a vidraria fermentômetro e fermentação em shaker a 37 °C (CARVALHO,2009).

O meio reacional preparado foi uma solução de 160 ml contendo: 1,6 gramas de extrato de levedura (10g/L), 0,2 g de ureia (1,25 g/L), 0,18 g de fosfato de potássio (1,1 g/L) e 6,4 ml da solução de sais (40g/L).

Cada sistema de fermentação, montado previamente na capela de fluxo laminar (Erlenmeyers com fermentômetros), foi pesado e colocado no shaker para dar início ao processo de fermentação. O shaker foi ajustado para manter a temperatura em 37 °C e 200 rpm de agitação (CARVALHO,2009).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização da matéria-prima

Para determinar os resultados da caracterização da biomassa de *Gigoga* é necessária a análise de açúcares redutores totais (DNS). Para isso, construiu-se primeiramente uma curva padrão com o DNS preparado. Dessa forma, reparou-se uma solução de glicose pura e foi variando a sua concentração nas amostras de 0,1 a 1,0 g/L.

A partir das análises obtiveram-se as seguintes concentrações de açúcar presente na biomassa a partir das absorvâncias encontradas (Tabela 1).

Amostra	Absorbância (abs)			Média (abs)	Concentração (g/L)
	1	2	3		
1	0,077	0,071	0,076	0,075	0,23
2	0,097	0,098	0,095	0,097	0,26
3	0,083	0,081	0,082	0,082	0,24

Tabela 1. Concentração de açúcares redutores totais

Ao longo do procedimento de caracterização realizaram-se medições de massas em diversas etapas para uma posterior análise, tais quais: a massa da amostra seca inicialmente adicionada ao frasco tipo Erlenmeyer (m); a massa inicial das membranas calcinadas (W_0); a massa das membranas com resíduo após secagem (W_1); a massa das membranas com resíduo após calcinação, tendo a massa de cinzas (W_2) (Tabela 2).

Amostra	Massa amostra seca (g)	W_0 (g)	W_1 (g)	W_2 (g)
1	0,20	18,3513	18,4190	18,3766 15,8904
2	0,20	15,8672	15,9212	
3	0,20	15,4413	15,5153	15,4709

Tabela 2. Dados das massas das membranas utilizadas no processo de caracterização

Realizou-se também a leitura a 505 nm das amostras, sendo calculada a concentração de glicose presente (Tabela 3).

Amostra	Absorbância (abs)			Média (abs)	Concentração (g/L)
	1	2	3		
1	0,020	0,020	0,020	0,020	0,13
2	0,036	0,030	0,027	0,031	0,20
3	0,025	0,019 0,158	0,024	0,023 0,151	0,15
Padrão	0,144		0,152		1,00

Tabela 3. Concentração de glicose

Sabendo-se que o rendimento teórico da sacarificação da glicose é de 96 % e da sacarificação da hemicelulose é de 93 %, foram realizados os cálculos para a determinação de cada teor (Tabela 4).

Amostra	Hemicelulose (%m/m)	Celulose (%m/m)	Lignina (%m/m)	Cinzas (%m/m)
1	8,93	12,39	66,03	12,65
2	5,46	19,20	63,74	11,60
3	8,40	14,04	62,76	14,80
Média	7,60	15,21	64,17	13,02

Tabela 4. Composição química da Gigoga

Os teores de hemicelulose e celulose encontrados nesta amostra de Gigoga foram baixos em comparação com os encontrados na literatura. Segundo a caracterização química típica, a biomassa de Gigoga possui em média 25 % de celulose, 35 % de hemicelulose, 10 % de lignina e 25 % de cinzas.

3.2 Produção de etanol de segunda geração

3.2.1 Hidrólise ácida da biomassa lignocelulósica

A extração da hemicelulose foi realizada em 10 frascos tipo Erlenmeyer partindo de 502,19 g de matéria-prima. Obtiveram-se 950 ml de hidrolisado hemicelulósico (Tabela 5) e sua absorbância foi lida a 540 nm (Tabela 6).

Insumos	Quantidade
Biomassa (g)	502,19
H ₂ SO ₄ PA (g)	3,62
Solução de ácido (g)	1679,73
Hidrolisado pós prensa (g)	1018,65
Hidrolisado final obtido (g)	986,78
Hidrolisado final obtido (ml)	950
Torta residual pós prensa(g)	988,85
Torta residual seca [1] (g)	572,73

Tabela 5. Dados e resultados da hidrólise ácida da biomassa.

Amostra	Absorbância (abs)			Média (abs)	Concentração (g/L)
	1	2	3		
Hidrolisado	0,261	0,237	0,235	0,244	0,504

Tabela 6. Concentração de açúcares totais do hidrolisado hemicelulósico

A partir do resultado da concentração de açúcares redutores totais, obtido na caracterização da biomassa (0,24 g/L), é possível concluir que o procedimento seguido na rota tecnológica proposta para extração do hidrolisado hemicelulósico foi mais eficiente que o procedimento da própria caracterização, obtendo-se uma concentração de 0,504 g/L. Isso indica uma otimização das condições do método, alcançando um valor mais próximo ao esperado para a biomassa de Gigoga (0,65 g/L).

3.2.2 Deslignificação

A primeira porção de torta (1), proveniente da hidrólise anterior, submeteu-se à extração da lignina a 120 °C sendo dividida em 11 frascos tipo Erlenmeyer (Tabela 7). Já a extração no restante da torta (1) foi realizada em 12 frascos a 100 °C (Tabela 8).

Insumos	Quantidade
Torta [1] (g)	275
NaOH PA (g)	3,40975
Solução alcalina (g)	5500
Licor negro pós prensa (g)	3583,64
Torta residual pós prensa(g)	519,26
Torta residual seca [2] (g)	192,53

Tabela 7. Dados e resultados da deslignificação a 120 °C

Insumos	Quantidade
Torta (1) (g)	243,25
NaOH PA (g)	3,6631
Solução alcalina (g)	4800
Licor negro pós prensa (g)	4521,16
Torta residual pós prensa(g)	383,15
Torta residual seca (3) (g)	167,74

Tabela 8. Dados e resultados da deslignificação a 100 °C

3.2.3 Hidrólise ácida da celulose

A extração da glicose contida na torta (2), proveniente da deslignificação a 120 °C, realizou-se em 7 frascos tipo Erlenmeyer. Os dados e resultados da hidrólise estão apresentados na Tabela 9. Já os dados e resultados da hidrólise ácida da torta (3) contendo celulose, oriunda da deslignificação a 100 °C, são apresentados na Tabela 10 e foi realizada em 6 frascos.

Insumos	Quantidade
Torta (2) (g)	191,06
H ₂ SO ₄ PA (g)	3,97
Solução de ácido (g)	766,92
Hidrolisado pós prensa (g)	1018,65
Hidrolisado celulósico (g)	986,78
Hidrolisado celulósico (ml)	500
Torta residual final (g)	337,5

Tabela 9. Dados e resultados da hidrólise ácida da torta (2)

Insumos	Quantidade
Torta (3) (g)	166,58
H ₂ SO ₄ PA (g)	3,48
Solução de ácido (g)	672,24
Hidrolisado pós prensa (g)	447,18
Hidrolisado celulósico (ml)	420
Torta residual final (g)	329,48

Tabela 10. Dados e resultados da hidrólise ácida da torta (3)

Calculou-se a concentração de glicose dos hidrolisados celulósicos a partir das absorvâncias lidas a 505 nm nas amostras correspondentes (Tabela 11 e 12).

Amostra	Absorbância (abs)			Média (abs)	Concentração (g/L)
	1	2	3		
Padrão	0,139	0,137	0,137	0,138	1,000
Hidrolisado	0,023	0,024	0,022	0,023	0,167

Tabela 11. Concentração de glicose do hidrolisado celulósico 120 °C

Amostra	Absorbância (abs)			Média (abs)	Concentração (g/L)
	1	2	3		
Padrão	0,144	0,158	0,172	0,158	1,000
Hidrolisado	0,016	0,015	0,012	0,014	0,091

Tabela 12. Concentração de glicose do hidrolisado celulósico 100 °C

Observa-se a forte influência da temperatura da etapa de designificação no hidrolisado celulósico. A concentração de glicose no hidrolisado, cuja etapa de designificação foi realizada a 120 °C, é quase o dobro do valor da concentração de glicose do hidrolisado realizado a 100 °C. A concentração de glicose esperada era de aproximadamente 0,27 g/L, segundo os teores típicos reportados para a Gigoga, porém, o valor obtido a partir da torta designificada a 120 °C foi de 0,167 g/L, similar ao valor identificado na caracterização da biomassa (0,16 g/L).

3.2.4 Fermentação do hidrolisado hemicelulósico

As concentrações de glicose acumulada ao longo do tempo foram subtraídas do total acumulado para determinar a concentração de glicose consumida pela levedura. Apresentam-se os resultados encontrados nas Tabelas 13, 14 e 15.

Tempo (horas)	Dióxido de carbono emitido acumulado (g/L)	Glicose a ser consumida (g/L)	Etanol formado acumulado (g/L)
0	0,00	12,66	0,00
24	0,73	11,16	0,76
48	2,33	7,88	2,44
72	4,75	2,94	4,97
75	6,19	0,00	6,47

Tabela 13. Concentrações referentes à fermentação de 25 % de hidrolisado hemicelulósico

Tempo (horas)	Dióxido de carbono emitido acumulado (g/L)	Glicose a ser consumida (g/L)	Etanol formado acumulado (g/L)
0	0,00	15,68	0,00
24	1,17	13,30	1,22
48	3,29	8,95	3,44
72	6,13	3,15	6,40
75	7,67	0,00	8,02

Tabela 14. Concentrações referentes à fermentação de 50 % de hidrolisado hemicelulósico

Tempo (horas)	Dióxido de carbono emitido acumulado (g/L)	Glicose a ser consumida (g/L)	Etanol formado acumulado (g/L)
0	0,00	17,13	0,00
24	2,06	12,91	2,16
48	5,96	4,94	6,23
51	8,38	0,00	8,76

Tabela 15. Concentrações referentes à fermentação de 75 % de hidrolisado hemicelulósico

3.2.5 Fermentação dos hidrolisado celulósico

As concentrações de CO₂ emitido, de glicose a ser consumida e de etanol formado acumulado foram calculados e são apresentados nas Tabelas 16, 17 e 18.

Tempo (horas)	Dióxido de carbono emitido acumulado (g/L)	Glicose a ser consumida (g/L)	Etanol formado acumulado (g/L)
0	0,00	20,07	0,00
24	0,63	18,79	0,65
48	2,35	15,26	2,46
72	4,81	10,23	5,03
96	8,04	3,62	8,41
99	9,81	0,00	10,26

Tabela 16. Concentrações da fermentação de 25 % de hidrolisado celulósico

Tempo (horas)	Dióxido de carbono emitido acumulado (g/L)	Glicose a ser consumida (g/L)	Etanol formado acumulado (g/L)
0	0,00	22,46	0,00
24	0,87	20,67	0,91
48	3,79	14,70	3,96
72	8,35	5,37	8,73
75	10,98	0,00	11,48

Tabela 17. Concentrações da fermentação de 50 % de hidrolisado celulósico

Tempo (horas)	Dióxido de carbono emitido acumulado (g/L)	Glicose a ser consumida (g/L)	Etanol formado acumulado (g/L)
0	0,00	18,28	0,00
24	0,90	16,45	0,94
48	3,31	11,51	3,46
72	6,87	4,22	7,19
75	8,94	0,00	9,34

Tabela 18. Concentrações da fermentação de 75 % de hidrolisado celulósico

Observam-se resultados coerentes com o esperado, havendo consumo de glicose e produção de CO₂ e etanol. Observa-se também o aumento da concentração inicial de glicose em cada meio de acordo com o percentual de hidrolisado utilizado.

4 | CONCLUSÕES

A caracterização química da Gigoga (*Eichhornia crassipes*) gerou como resultados os valores de 7,6 % de hemicelulose, 15,21 % de celulose e 64,17 % de lignina. Os teores de carboidratos foram muito baixos, fazendo com que o teor de lignina fosse elevado, demonstrando um comportamento não esperado. A obtenção desses resultados pode ter sido influenciada pelo emprego de ácido mais diluído do que o necessário na etapa de hidrólise, fazendo com que não houvesse uma despolimerização eficiente.

A etapa de pré-tratamento é crucial para a definição da composição da biomassa que será levada para as próximas etapas. Obteve-se como resultado do pré-tratamento, a partir de 502,19 g de biomassa, 950 ml de hidrolisado hemicelulósico e 572,73 g de celulignina, cuja concentração de açúcares redutores totais obtida foi de 0,504 g/L, sendo seu valor de referência igual a 0,605 g/L.

No fracionamento da celulose, partindo-se de 191,06 g de torta proveniente da designificação a 120 °C, obtiveram-se 500 ml de hidrolisado celulósico com concentração de glicose de 0,167 g/L e, a partir de 166,58 g de torta gerada pela designificação a 100 °C, 420 ml com concentração de glicose de 0,091 g/L, evidenciando forte influência da temperatura nesta etapa.

Para o hidrolisado hemicelulósico, na proporção de 25 %, a fermentação foi realizada durante 4 dias consumindo 12,66 g/L de glicose e formando 6,47 g/L de etanol;

na proporção de 50 % de hidrolisado, fermentaram-se 15,68 g/L de glicose produzindo 8,02 g/L de etanol em 4 dias; e na proporção de 75%, em 3 dias, houve a conversão de 17,13 g/L de glicose a 8,76 g/L de etanol. Em relação ao hidrolisado celulósico temos que para o meio com 25 %, em 5 dias, fermentaram-se 20,07 g/L de glicose formando 10,26 g/L de etanol; para 50 % converteram-se 22,46 g/L de glicose em 11,48 g/L de etanol em 4 dias; e para 75 % de hidrolisado consumiram-se 18,28 g/L de glicose formando 9,34 g/L de etanol. Os resultados da fermentação foram bem satisfatórios, apresentando uma conversão média de 50 %.

AGRADECIMENTOS

UFRJ, CNPq, CAPES, FAPERJ.

REFERÊNCIAS

ANP. **Etanol**. 2019. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/etanol>.

BEN Interativo. Rio de Janeiro, (2020). Disponível em: <http://shinyepe.brazilsouth.cloudapp.azure.com:3838/ben/>. Acesso em: 04/08/2022.

BNDES e CGEE. Bioetanol de Cana-de-açúcar. Energia para o desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: (2008) BNDES & CGEE, Bioetanol de Cana-De-Açúcar para o Desenvolvimento Sustentavel | PDF | Biocombustível | Cana de Açúcar (scribd.com). Acesso em: 20 de julho de 2022.

CARVALHO, L.G. Produção de biocombustíveis a partir da biomassa de dendê. Dissertação de mestrado, Programa de tecnologia de processos químicos e bioquímicos, da Escola de Química. UFRJ, Brasil, 2009.

EIA. Annual energy outlook 2020 with projections to 2050. **US Energy Information Administration**. 2020.

MANOCHIO, CAROLINA. Produção de bioetanol de cana de açúcar, milho e beterraba: uma comparação dos indicadores tecnológicos, ambientais e econômicos. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Química) – Universidade Federal de Alfenas. Poços de Caldas, MG, 2014.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicilic acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428. 1959.

MOTA, F. A. S. *et.al*. Pirólise da biomassa lignocelulósica: uma revisão. **Revista GEINTEC**. Vol. 5/n. 4/ p.2511-2525. São Cristóvão – SE. 2015.

MUSSATO, I.S. & ROBERTO, I.C, 2002. Produção biotecnológica de xilitol a partir da palha de arroz. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**. v. 28, p. 24-39. 2002.

SANTANA, CARLOS A.M. et al. Biomassa para Química Verde. **Embrapa Agroenergia**, Brasília, 2013. 196 p.; il. color. ISBN: 978-85-7035-230-9.

SANTOS, FERNANDO A. et al. Potencial da palha de cana-de-açúcar para produção de etanol. **Química nova**, v. 35, n. 5, p. 1004–1010, 2021.

STACHOWIAK, G. W.; BATCHELOR, A. W. **Engineering Tribology**. 3. ed. Inglaterra: **Engineering Tribology**, 2005.

UDOP - União Nacional da Bioenergia. Etanol registra recorde histórico de consumo no Brasil, São Paulo. 2020. Disponível em: <https://www.udop.com.br/noticia/2020/02/04/etanol-registra-recorde-historico-de-consumo-no-brasil.html>

VERVERIS, C.; Georghiou, K.; Danielidis, D.; Hatzinikolaou, D.G.; Santas, P.; Santas, R.; Corleti, V. Cellulose, hemicelluloses, lignin and ash content of some organic materials and their suitability for use as paper pulp supplements. **Bioresource Technology**, 98: 296–301, 2007.

VIANA, LETÍCIA DOS SANTOS. Avaliação do Potencial dos Resíduos Lignocelulósicos da Indústria de Celulose para a Produção de Bioetanol de Segunda Geração via Rotas Químicas. Trabalho de conclusão de curso de Graduação em Engenharia Industrial - Escola de Química/UFRJ, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Análise termogravimétrica (TG) 38

B

Biocombustíveis 60, 62, 73

Biomassa 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 81, 82

Biossorção 75, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85

Biossorvente 75, 77, 78, 79, 80, 81, 85

C

Catalisadores 13, 15, 18, 19, 22, 23, 36, 37, 42, 86, 89, 97

Celulignina 60, 64, 65, 72

Celulósico 61, 66, 69, 70, 71, 72, 73

Cerâmicas Porosas (CPs) 36

Cobre 38, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 85

Combustíveis fósseis 14, 60, 62

Compostos de coordenação 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 46, 57

Coronavirus Disease 2019 7

D

Designificação 60, 64, 65, 69, 70, 72

Desreguladores Endócrinos (DEs) 87

Difração de Raios-X (DRX) 86, 90

E

Efeito estufa 60, 62

Efeitos ecotoxicológicos 86, 87

Ensino da Química 25

Ensino remoto 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

Espectrometria de Absorção Atômica com Chama (FAAS) 75, 78

Espectroscopia e Energia Dispersiva de Raios X (EDS) 38

Estrogênio sintético 86

Etanol 60, 61, 62, 63, 64, 65, 68, 71, 72, 73, 74

F

Fenômenos atmosféricos 10

Ferro 17, 25, 45, 75, 76, 77, 78, 81, 82, 83, 84, 85

Filme fino de CeO₂ (FFC) 35, 37, 40, 42

Fisissorção 13, 16, 18

Fotoluminescente 44, 47, 49, 50, 52, 55, 57, 58

G

Gigoga 60, 61, 62, 63, 65, 66, 68, 70, 72

Google Classroom 1, 3

Google Forms 1, 3

Google Meet 7

H

Hemicelulósico 60, 61, 65, 66, 68, 70, 71, 72

Hidrólise ácida 60, 64, 65, 66, 68, 69, 70

L

Luz Ultravioleta (UV) 86

M

Maçã gala 75, 77

Meio ambiente 13, 14, 34, 36, 61, 62, 76, 85, 86, 87

Meteorologia 10, 11, 12

Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) 35, 38, 75, 77, 80

N

Níquel 28, 29, 75, 76, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 90

O

Organização Mundial da Saúde (OMS) 2, 5, 7, 9

Óxidos semicondutores 87

P

Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) 2, 3, 5

R

Resíduos agroindustriais 75, 77

T

Terras raras 44, 45, 46, 47, 50, 51, 52, 54, 55, 57

W

WhatsApp 1, 3



Química:

Desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Química:

Desvendando propriedades e comportamentos da matéria 2

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br