



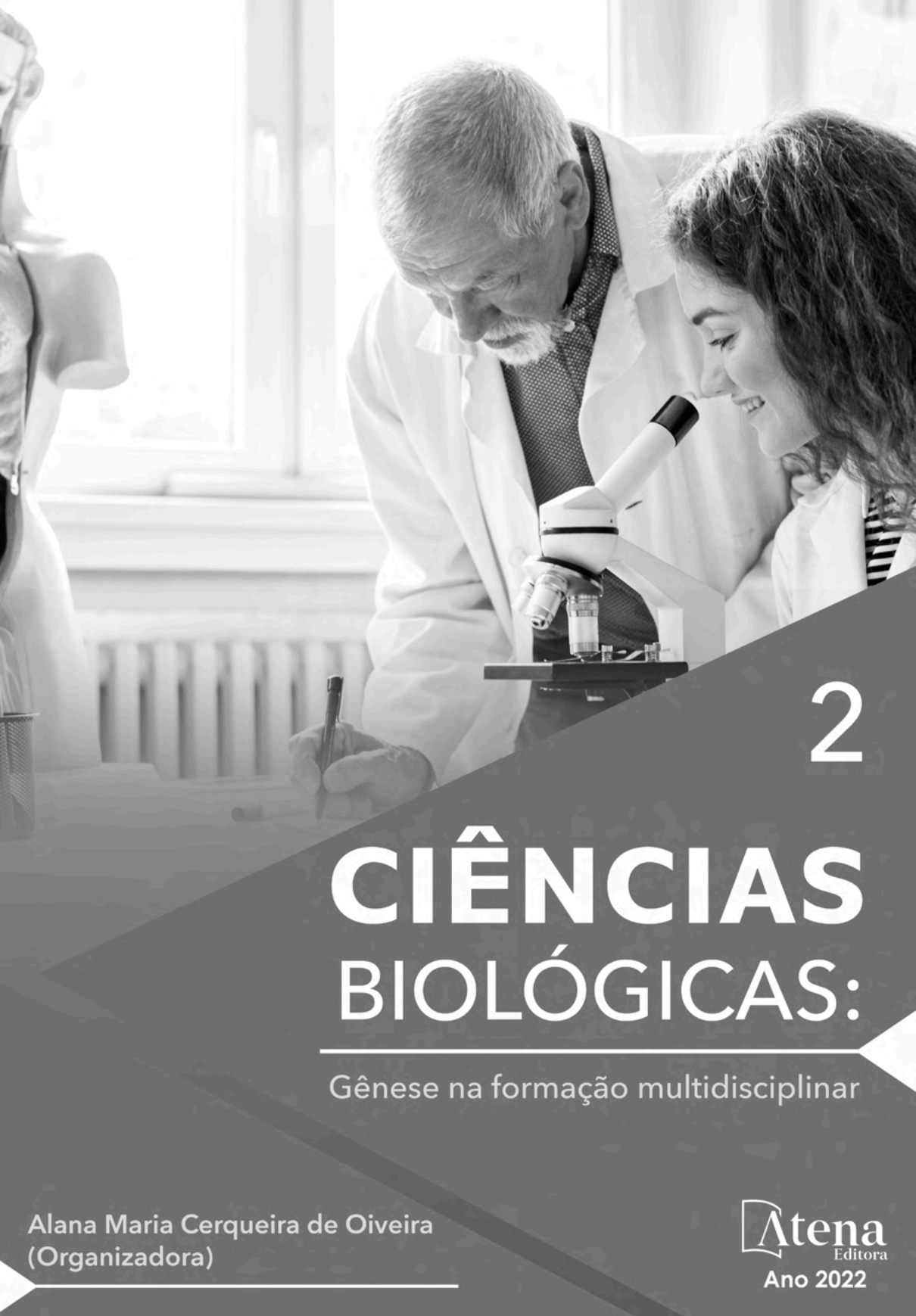
2

# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

Alana Maria Cerqueira de Oiveira  
(Organizadora)

  
Atena  
Editora  
Ano 2022



2

# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

Alana Maria Cerqueira de Oiveira  
(Organizadora)

**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**

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

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 Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



## Ciências biológicas: gênese na formação multidisciplinar 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Alana Maria Cerqueira de Oliveira

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

C569 Ciências biológicas: gênese na formação multidisciplinar 2 / Organizadora Alana Maria Cerqueira de Oliveira. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-841-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.417221701>

1. Ciências biológicas. I. Oliveira, Alana Maria Cerqueira de (Organizadora). II. Título.

CDD 570

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 2022

## 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 Livro “Ciências biológicas: Gênese na formação multidisciplinar 2”, traz ao leitor vinte capítulos de relevada importância na área de Genética, Citogenética, Imunologia, Parasitologia, Química medicinal, Saúde pública e Ecologia. Entretanto, caracteriza-se como uma obra multidisciplinar que engloba diversas áreas da Ciências biológicas.

Os capítulos estão distribuídos em temáticas que abordam de forma categorizada e multidisciplinar a Ciências biológicas, as pesquisas englobam estudos de: mapeamentos genético, citogenético, sequenciamento, genética e educação, análises forenses, doenças genética, eugenesia clássica, engenharia genética, análise por PCR, cultura de células de linfoma e leucemia, saúde mental, resposta imune, vacinação contra a covid-19, vírus Sars-Cov-2, métodos de extração de lipídios, levantamento taxonômico, morfologia vegetal, eficiência de inseticidas, química medicinal, cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), espectroscopia de infravermelho (IV) e espectrometria de massas (EM), problemática ambiental e de saúde pública, poluentes emergentes e biodiesel.

A obra foi elaborada primordialmente com foco nos profissionais, pesquisadores e estudantes pertencentes às áreas de Ciências biológicas e Ciências da Saúde e suas interfaces ou áreas afins. Entretanto, é uma leitura interessante para todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área.

Cada capítulo foi elaborado com o propósito de transmitir a informação científica de maneira clara e efetiva, em português, inglês ou espanhol. Utilizando uma linguagem acessível, concisa e didática, atraindo a atenção do leitor, independente se seu interesse é acadêmico ou profissional.

O livro Ciências biológicas: Gênese na formação multidisciplinar 2”, traz publicações atuais e a Atena Editora traz uma plataforma que oferece uma estrutura adequada, propícia e confiável para a divulgação científica de diversas áreas de pesquisa.

Alana Maria Cerqueira de Oliveira




## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **LA ERRADICACIÓN DE LAS ENFERMEDADES GENÉTICAS: DE LA EUGENESIA CLÁSICA A LA INGENIERÍA GENÉTICA**

Alejandro Gordillo-García

María del Carmen García Rodríguez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.417221701>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### **MAPEAMENTOS GENÉTICO, CITOGENÉTICO E DE SEQUENCIAMENTO DO FEIJÃO-FAVA: UMA REVISÃO**

André Oliveira Melo

Marcones Ferreira Costa

Michelli Ferreira dos Santos

Verônica Brito da Silva

Maria Fernanda da Costa Gomes

Gleice Ribeiro Orasmo

Lidiane de Lima Feitoza

Lívia do Vale Martins

Raimundo Nonato Oliveira Silva

Ângela Celis de Almeida Lopes

Regina Lucia Ferreira Gomes

Sérgio Emílio dos Santos Valente


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4172217012>

### **CAPÍTULO 3..... 34**

#### **GENETICS AND EDUCATION: OVER 50 YEARS GENERATING COLLABORATIONS, BUILDING BRIDGES AND WEAVING NETWORKS IN ENDLESSLY TURBULENT SCENARIOS**

Alberto Sergio Fenocchio

Verónica Graciela Teza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4172217013>

### **CAPÍTULO 4..... 38**

#### **DROGAS MAIS CONSUMIDAS NO BRASIL E SUA RELAÇÃO EM CRIMES CONTRA O INDIVÍDUO: COMO UM TESTE RÁPIDO AJUDARIA EM CASOS DE PRISÃO EM FLAGRANTE**

Águida Maiara de Brito

Lustarllone Bento de Oliveira

Melissa Cardoso Deuner

Felipe Monteiro Lima

Joselita Brandão de Sant'Anna


Jackson Henrique Emmanuel de Santana

José Vanderli da Silva

Caio César dos Santos Mognatti

Juliana Paiva Lins


Jéssica dos Santos Folha  
Bruno Henrique Dias Gomes  
Erica Carine Campos Caldas Rosa  
Marcela Gomes Rola

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4172217014>

**CAPÍTULO 5..... 54**

**IMPLICAÇÕES DA VACINAÇÃO CONTRA A COVID-19 EM GESTANTES E PUÉRPERAS EM CONTEXTO PANDÊMICO: UMA REVISÃO DE LITERATURA**


Ana Luíza Moraes Oliveira  
Jéssica de Moutta Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4172217015>

**CAPÍTULO 6..... 66**

**EFEITO DO BIOFILME DE *Arthrographis kalrae* NA RESPOSTA IMUNE DE MACRÓFAGOS INFECTADOS**


Bianca Dorana de Oliveira Souza  
Janneth Josefina Escobar Arcos  
Bruno Fernando Cruz Lucchetti  
Phileno Pinge Filho  
Mario Augusto Ono  
Ayako Sano  
Luciene Airy Nagashima  
Adriane Lenhard-Vidal  
Franciele Ayumi Semêncio Chiyoda-Rodini  
Eiko Nakagawa Itano

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4172217016>

**CAPÍTULO 7..... 76**

**POTENTIAL OF *Saccharomyces cerevisiae* IN *Fusarium graminearum* ANTIBIOSIS AND ZEARALENONE DETOXIFICATION**

Andressa Jacqueline de Oliveira  
Mario Augusto Ono  
Melissa Tiemi Hirozawa  
Jaqueline Gozzi Bordini  
Claudemir Zucareli  
Elisabete Yurie Sataque Ono


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4172217017>

**CAPÍTULO 8..... 93**

**BIOLOGICAL EVALUATION OF A THERAPEUTIC DEVICE THAT IS BASED IN PULSED-ELECTROMAGNETIC FIELDS AND STATIC MAGNETIC FIELDS ON A MURINE MODEL**

Abraham O. Rodríguez-De la Fuente  
José Antonio Heredia-Rojas  
Pilar Carranza-Rosales  
Omar Heredia-Rodríguez  
Gerardo Lozano-Garza


Angel Zavala-Pompa  
Pedro Antonio Noguera-Díaz  
José Alberto Valadez-Lira  
Ricardo Gómez-Flores  
Pedro César Cantú-Martínez  
María Porfiria Barrón-González

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4172217018>

**CAPÍTULO 9..... 107**

**SÍNTESE, CARACTERIZAÇÃO E ATIVIDADE BIOLÓGICA DO DERIVADO TIAZACRIDÍNICO LPSF/AA-57**


Marcel Lucas de Almeida  
Valécia de Cassia Mendonça da Costa  
Michelly Cristiny Pereira  
Ivan da Rocha Pitta  
Marina Galdino da Rocha Pitta

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4172217019>

**CAPÍTULO 10..... 114**

**CONCEPÇÃO DE CLÍNICA AMPLIADA E OS DESAFIOS DAS PRÁTICAS EM SAÚDE MENTAL NA ATUALIDADE**


Celian Araújo da Nóbrega Souza  
Carmen Silva Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170110>

**CAPÍTULO 11 ..... 127**

**MADUREZ SEXUAL Y ESPECTRO TRÓFICO DE *Pterois volitans* (Linnaeus, 1758) EN EL PARQUE NACIONAL SISTEMA ARRECIFAL VERACRUZANO, MÉXICO**


Emmanuel Velasco-Villalobos  
Elizabeth Valero-Pacheco  
Luis Gerardo Abarca-Arenas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170111>

**CAPÍTULO 12..... 139**

**POTENCIAL EVOCADO AUDITIVO DE LONGA LATÊNCIA: MONITORAMENTO DE EFICÁCIA DA INTERVENÇÃO FONOAUDIOLÓGICA EM ESCOLARES COM DISLEXIA**

Ana Luiza de Faria Luiz  
Yara Bagali Alcântara  
Brena Elisa Lucas  
Carolina Almeida Vieira  
Simone Aparecida Capellini  
Ana Cláudia Figueiredo Frizzo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170112>

**CAPÍTULO 13..... 149**

**COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS DA MICROALGA**

*Scenedesmus* sp.


Alana Ramos Nobre  
Karollyna Menezes Silva  
Keilla Santos Cerqueira  
Jacqueline Rego da Silva Rodrigues  
Roberto Rodrigues de Saouza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170113>

**CAPÍTULO 14..... 164**

EFFECT OF LACTIC ACID BACTERIA ON *Fusarium verticillioides* GROWTH AND FUMONISIN B<sub>1</sub> DETOXIFICATION


Melissa Tiemi Hirozawa  
Mario Augusto Ono  
Sandra Garcia  
Jaqueline Gozzi Bordini  
Andressa Jacqueline de Oliveira  
Elisa Yoko Hirooka  
Elisabete Yurie Sataque Ono

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170114>

**CAPÍTULO 15..... 183**

PARÂMETROS REPRODUTIVOS EM ESPÉCIES NEOTROPICAIS DE *Drosophila* (DIPTERA; DROSOPHILIDAE)


Lorena Tayrini de Oliveira da Silva  
Silvana Aparecida Beira  
Camila Heloíse dos Santos  
Janaina Cosmedamiana Metinoski Bueno  
Natana Maria Metinoski Bueno  
Rogério Pincela Mateus  
Luciana Paes de Barros Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170115>

**CAPÍTULO 16..... 207**

BENZOFENONA E OCTOCRILENO COMO POLUENTES EMERGENTES: UMA PROBLEMATICA AMBIENTAL E DE SAÚDE PÚBLICA

Diego Espírito Santo  
Andrielle Karine Ribeiro Mendes  
Débora Cristina de Souza  
Flávia Vieira da Silva Medeiros  
Ana Paula Peron


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170116>

**CAPÍTULO 17..... 228**

MORFOLOGIA VEGETAL: UMA ABORDAGEM PALINOLOGICA DE *HIBISCUS ROSA-SINENSIS* L.

João Marcos Gomes Leite  
Maristela Tavares Gonçalves


Alessandro Oliveira Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170117>

**CAPÍTULO 18.....236**

**CONSIDERAÇÕES SOBRE O FITOPLÂNTON DO SUBMÉDIO RIO SÃO FRANCISCO: GRUPOS FUNCIONAIS DE REYNOLDS (GFR) E IMPLICAÇÕES PARA OS MÚLTIPLOS USOS DA ÁGUA**

Vladimir de Sales Nunes  
Mávani Lima Santos  
Caio Carvalho Novais de Moraes  
Bruno César Silva  
René Geraldo Cordeiro Silva Júnior  
Edson Gomes de Moura Júnior  
Ludwig Lima Nunes  
Carlos Vinícius da Silva Cabral  
Angélica Barbosa Jericó  
Nadiane Nunes da Silva  
Gabriel Luiz Celante da Silva  
Benoit Jean Bernard Jahyny

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170118>

**CAPÍTULO 19.....251**

**AVALIAÇÃO DE MISTURAS TERNÁRIAS DIESEL-BIODIESEL-ETANOL PARA APLICAÇÃO COMO COMBUSTÍVEL EM MOTORES DE CICLO DIESEL**


Guilherme Brandão Guerra  
Gisel Chenard Díaz  
Yordanka Reyes Cruz  
Vinicius Rossa  
Donato Alexandre Gomes Aranda  
Rene Gonzalez Carliz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170119>

**CAPÍTULO 20.....265**

**EFICIÊNCIA DE INSETICIDAS EM TRATAMENTO DE SEMENTES DE FEIJOEIRO NO DESENVOLVIMENTO INICIAL**

Stella Mendes Pio Oliveira  
Guilherme Mendes Pio Oliveira  
Luana Ranieri Massucato


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170120>

**CAPÍTULO 21.....277**

**ANÁLISE DA APLICAÇÃO DO JOGO DIDÁTICO “ECOLOGIA NO LABIRINTO” PARA OS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO**

Milena Resende Nascimento  
Mariana Fideles Ferreira  
Francielly Felix da Silva Isaias  
Mayra Luzia da Cruz e Souza


Frederico Miranda  
Polyanna Miranda Alves  
Polyane Ribeiro Machado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170121>

**CAPÍTULO 22.....281**

**AVALIAÇÃO DAS ALTERAÇÕES HEMATOLÓGICAS EM INDIVÍDUOS COM  
TALASSEMIAS ALFA E BETA E CORRELAÇÃO COM A INCIDÊNCIA NO MUNICÍPIO DE  
ASSIS E REGIÃO**

Julia Amanda Rodrigues Fracasso  
Luiz Fernando Moraes-Silva  
Guilherme de Oliveira-Paes  
Luisa Taynara Silvério da Costa  
Maria José Malagutti-Ferreira  
Lucinéia dos Santos  
Renata Aparecida de Camargo Bittencourt

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.41722170122>

**SOBRE A ORGANIZADORA.....295**

**ÍNDICE REMISSIVO.....296**

## COMPARAÇÃO DE MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DE LIPÍDIOS DA MICROALGA *Scenedesmus* sp.

Data de aceite: 10/01/2022

Data de submissão: 08/10/2021

### **Alana Ramos Nobre**

Universidade Federal de Sergipe,  
Departamento de Engenharia Química  
São Cristóvão – SE  
ID LATTES: 1414255929882930

### **Karollyna Menezes Silva**

Universidade Federal de Sergipe,  
Departamento de Engenharia Química  
São Cristóvão – SE  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7824-3377>

### **Keilla Santos Cerqueira**

Universidade Federal de Sergipe,  
Departamento de Engenharia Química  
São Cristóvão – SE  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1308-0754>

### **Jacqueline Rego da Silva Rodrigues**

Universidade Federal de Sergipe,  
Departamento de Engenharia Química  
São Cristóvão – SE  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4033-5254>

### **Roberto Rodrigues de Saouza**

Universidade Federal de Sergipe,  
Departamento de Engenharia Química  
São Cristóvão – SE  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8919-2675>

**RESUMO:** As microalgas têm sido o foco de muitas pesquisas biotecnológicas devido à sua rica composição, à quantidade de substâncias

que podem ser sintetizadas através desses microrganismos e a imensa biodiversidade, que pode ser aprimorada geneticamente. As principais aplicações estão ligadas à produção de alimentos funcionais, produtos naturais com grande potencial nutricional e farmacêutico, bem como na produção de biocombustíveis, como o biodiesel, por meio dos lipídios contidos na biomassa. Desta forma, o presente estudo busca analisar alguns fatores que influenciam no processo de lise celular e extração, etapas ligadas à recuperação do lipídio, através da microalga pertencente à espécie Chlorophyta, a *Scenedesmus* sp., comparando dois métodos de extração (Bligh & Dyer com ultrassom e Soxhlet), dois sistemas de solventes (CEA – Clorofórmio/etanol/água e CMA – Clorofórmio/metanol/água) e dois tipos de pré-tratamentos (ultrassom e autoclave) para realizar a quebra da célula. Foi observado que para ambos os sistemas de solvente, o pré-tratamento com autoclave foi mais eficiente, promovendo a remoção de quase todo o lipídio contido na biomassa, com porcentagens médias de 19,24% para o metanol e 19,27% para o etanol, frente às porcentagens de 10,78% e 17,31% respectivamente, com o uso da ultrassom. O método de Bligh & Dyer com ultrassom teve melhor desempenho com um menor tempo de operação, além de ser uma extração a frio, que não desencadeia processos oxidativos nos lipídios. Quanto ao sistema de solvente, o melhor resultado médio foi obtido com o etanol, cuja a porcentagem total média foi correspondente a 18,29%, frente a 15,36%, porcentagem média total do metanol.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microalga; extração; lipídio.

## COMPARISON OF LIPID EXTRACTION METHODS FROM MICROALGA *Scenedesmus* sp.

**ABSTRACT:** Microalgae have been the focus of much biotechnology research because of their rich composition, the amount of substances that can be synthesized through these microorganisms, and the immense biodiversity that can be genetically improved. The main applications are linked to the production of functional foods, natural products with great nutritional and pharmaceutical potential, as well as the production of biofuels, such as biodiesel, through the lipids contained in biomass. Microalgae biofuel is a renewable energy source that assists in mitigating carbon dioxide in the present atmosphere, as well as not competing with food production in the world and replacing petroleum products. In that way, the present study aims to analyze some factors that influence the cell disruption process and extraction, stages linked to lipid recovery, through the microalga belonging to the species Chlorophyta, *Scenedesmus* sp., Comparing two methods of extraction (Bligh & Dyer with ultrasound and Soxhlet), two solvent systems (CEA - Chloroform / ethanol / water and CMA - Chloroform / methanol / water) and two types of pre - treatments (ultrasonic and autoclave) to perform the cell break. It was observed that for both solvent systems, pretreatment with autoclave was more efficient, promoting the removal of almost all the lipid contained in the biomass, with average percentages of 19.24% for methanol and 19.27% for the ethanol, compared to the percentages of 10.78% and 17.31%, respectively, with the use of ultrasound. The Bligh & Dyer ultrasound method had better performance with a shorter operating time, besides being a cold extraction, which does not trigger oxidative processes in the lipids. As for the solvent system, the best average result was obtained with ethanol, whose average total percentage corresponded to 18.29%, compared to 15.36%, mean total percentage of methanol.

**KEYWORDS:** Microalga; extraction; lipid.

### 1 | INTRODUÇÃO

As algas compreendem um grupo variado de organismos fotossintéticos divididos em duas categorias principais com base no tamanho e morfologia das células: microalgas e macroalgas. As macroalgas, como as algas, são feitas de células que formam estruturas semelhantes a raízes, caules e folhas, já as microalgas, em vez disso, são organismos unicelulares e microscópicos (Patel *et al.*, 2019).

Indiretamente as microalgas auxiliam a manter os níveis de oxigênio adequados à vida dos seres vivos na atmosfera. Conforme escrito por Ramirez (2013), esses microrganismos são capazes de fixar entre 1,65 a 1,83 quilogramas do  $CO_2$  presente na atmosfera com apenas 1 quilograma de biomassa seca. O que demonstra o grau de relevância desses microrganismos na sobrevivência do ser humano e do meio ambiente.

As microalgas apresentam grande potencial biotecnológico para a obtenção de produtos de alto valor agregado às indústrias alimentícia, cosmética e farmacêutica, como ingredientes alimentícios, rações e aquicultura, antioxidantes e substâncias bioativas, inclusive para sua utilização em processos de tratamento de efluentes,  $CO_2$  captura, produção de biodiesel, entre outros (Rodríguez-Torres *et al.*, 2021).



## 1.1 Microalga *Scenedesmus* sp.

A *Scenedesmus* sp. é uma espécie aquática pertencente ao grupo das algas verdes (*Chlorophyta*), da família *Scenedesmaceae*. São algas de superfície que predominam em rios e lagos de água doce. São capazes de se desenvolverem em efluentes contaminados ou com alto teor de minerais, essa espécie pode conferir à água o odor e sabor de capim (Ramirez, 2013).

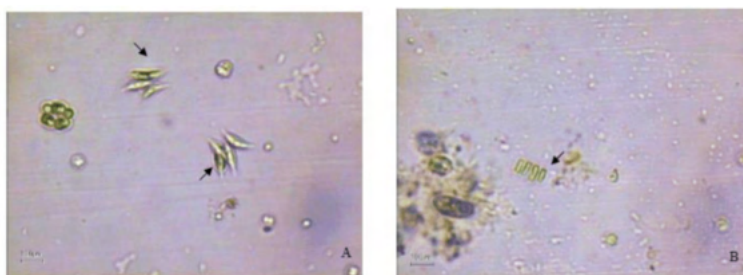


Figura 1 - *Scenedesmus* sp, imagens digitais obtidas em microscópio óptico (aumento: 400x). A. Colônias com células fusiformes. B. Colônias com células ovaladas.

Fonte: Sousa (2007).

De acordo com Andrade (2014) a *Scenedesmus* sp possui um teor de lipídios entre 19,6% e 21,1% em peso de biomassa seca. Pereira *et al.* (2012) afirma que as taxas de ácidos graxo podem chegar até 65% e segundo Ramirez (2013), a espécie *Scenedesmus* sp. possui até 56% de proteínas e 52% de carboidratos.

## 1.2 Composição química das microalgas

A composição química das microalgas varia a depender da sua espécie e das condições de cultivo para cada espécie; além de outros fatores. Basicamente quatro componentes estão presentes majoritariamente na biomassa microalgal, sendo estes as proteínas, os lipídios, os pigmentos e os carboidratos (Andrade *et al.*, 2014).

Vários são os fatores que contribuem para a variação nas composições da parede celular, como a fase de crescimento, as condições de cultivo e a presença de fatores de estresse. A estrutura da parede celular tem um efeito importante na eficiência de rompimento e na liberação de biomoléculas intracelulares. No entanto, as paredes das células microalgais são complexas, por isso, precisam de uma melhor investigação (Phong *et al.*, 2018).

As proteínas, compostos orgânicos de alto peso molecular, representam cerca de 50 a 80% da composição em peso da biomassa seca de microrganismos em geral e, de acordo com Andrade *et al.* (2014), estudos com diversas espécies de microalgas demonstram um percentual de 8 a 71 % de proteínas, o que justifica o seu uso como suplemento proteico.

O teor de lipídios em termo de biomassa seca pode variar de uma espécie para outra, atingindo valores de 5 a 77% e níveis lipídicos entre 20 e 50% são fáceis de se obter controlando a quantidade de nutrientes fornecidos (Zorn *et al.*, 2017).

A clorofila fica localizada nos cloroplastos das células, juntamente com os carotenoides. Os carotenoides são pigmentos que possuem afinidade com substâncias orgânicas e podem assumir cores variadas, como tons de amarelo, vermelho, marrom e laranja. Usualmente cerca de 0,1 a 2,0% da biomassa das microalgas seca é composta de carotenoides, sendo sua estrutura formada por 40 carbonos (Andrade *et al.*, 2014).

Os carboidratos das microalgas são constituintes da parede celular e reserva de polissacarídeo. Conforme mencionado por Andrade *et al.* (2014), aproximadamente 5 a 20% da composição na microalga seca é composta por carboidratos totais. De acordo com Ramirez (2013) espécies *Scenedesmus*, *Chlamydomonas*, *Chlorella*, *Dunaliella* e *Spirulina* possuem as maiores porcentagens de carboidratos, especialmente amido.

### 1.3 Fatores e condições fundamentais para o crescimento das Microalgas

Para um bom cultivo e produtividade da microalga é necessário entender a composição das células e otimizar os processos através do controle das condições a quais a microalga é exposta. Dessa forma, a limitação de nutrientes, luminosidade, pH, temperatura, composição de nitrogênio, concentração de cloreto de sódio, por exemplo, são fatores diretos para o crescimento da microalga (Dolganyuk *et al.*, 2020).

Segundo De Medeiros Jeronimo, Silva e Bacholsky (2015), para que as microalgas possam se desenvolver, é necessário que haja fatores classificados como físicos e nutritivos importantes ao seu desempenho celular e atividades metabólicas.

O carbono é o macronutriente mais importante no cultivo das microalgas, visto que a sua contribuição para a biomassa é estimada em 50%, distribuído entre as proteínas, vitaminas, carboidratos e lipídios (Andrade, 2014). Além do carbono, os principais macronutrientes são o nitrogênio, fósforo e ferro. Meios de cultura pobres em nitrogênio conduzem a microalga a usar o carbono disponível no cultivo para a produção de carboidratos e lipídios, ou, em algumas espécies, favorece a produção de pigmentos ao invés da produção de proteínas (Andrade, 2014). A Tabela 1 ilustra quais são os macronutrientes, a forma usual na natureza e a forma química em meio de cultura.

Elemento	Forma usual encontrada na natureza	Forma química fornecida em meio de cultura
Carbono (C)	CO <sub>2</sub> , compostos orgânicos	Glicose, malato, acetato, entre outros
Hidrogênio (H)	H <sub>2</sub> O, compostos orgânicos	H <sub>2</sub> O, compostos orgânicos
Oxigênio (O)	H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , compostos orgânicos	H <sub>2</sub> O, O <sub>2</sub> , compostos orgânicos
Nitrogênio (N)	NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , N <sub>2</sub> , compostos orgânicos nitrogenados	NH <sub>4</sub> Cl, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , KNO <sub>3</sub> , N <sub>2</sub> , aminoácidos, entre outros.
Fósforo (P)	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>
Enxofre (S)	H <sub>2</sub> S, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> S, entre outros
Potássio (K)	K <sup>+</sup> em solução ou sais de K	KCl, KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>
Magnésio (Mg)	Mg <sup>2+</sup> em solução ou sais de Mg	MgCl <sub>2</sub> , MgSO <sub>4</sub>
Sódio (Na)	Na <sup>+</sup> em solução ou sais de Na	NaCl
Cálcio (Ca)	Ca <sup>2+</sup> em solução ou sais de Ca	CaCl <sub>2</sub>
Ferro (Fe)	Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> ou sais de Fe	FeCl <sub>3</sub> , FeSO <sub>4</sub> , Fe <sup>3+</sup> EDTA

Tabela 1 - Macronutrientes e suas respectivas fontes na natureza

Fonte: Andrade (2014).

### 1.3.1 Intensidade Luminosa e Tempo de Iluminação

Intensidades luminosas baixas estimulam a formação de uma biomassa rica em clorofila, enquanto altas intensidades favorecem os parâmetros de crescimento. A faixa espectral da radiação absorvida pelas algas fotossintetizantes é de 400 nm a 700 nm e estes organismos não diferenciam a luminosidade natural da artificial, o que facilita o seu cultivo em laboratório. Desta forma, a fonte de luz é definida em termos de fotoperíodos (tempo de iluminação) e em cultivos de laboratório usualmente aplica-se 12 horas de luz, promovidas por lâmpadas fluorescentes e de luz branca (Andrade *et al.*, 2014).

### 1.3.2 Temperatura

A temperatura também é um fator crítico para o cultivo de microalgas. A temperatura afeta diretamente o metabolismo, a absorção de nutrientes, a biofixação de CO<sub>2</sub>, a fotossíntese e a taxa de crescimento (Daneshvar *et al.*, 2021). Conforme Andrade *et al.* (2014), a temperatura de cultura das microalgas afeta a taxa metabólica e a sua composição também pode variar de acordo com cada espécie e o seu valor ótimo para o cultivo depende do local onde a espécie foi coletada. Dessa forma, como exemplo, microalgas provenientes de ambientes temperados possuem temperatura ótima de cultivo na faixa de 10°C a 25°C, já as oriundas de ambientes polares a temperatura ideal de cultivo é abaixo de 10°C.

### 1.3.3 pH

O potencial de hidrogênio (pH) é de grande importância no cultivo de microalgas, pois é possível determinar a solubilidade dos minerais e do dióxido de carbono no meio, além do efeito direto nas próprias microalgas (Dolganyuk *et al.*, 2020).

### 1.3.4 Agitação

A agitação é um fator importante pois, segundo Andrade (2014), ela evita a sedimentação das microalgas, proporcionando desta forma uma exposição das células à luz de forma mais homogênea. Além disso, a agitação mantém os nutrientes em suspensão, aumentando a sua disponibilidade no meio. Baseado em estudos de Silva Cardoso, Vieira e Marques (2011), afirma-se que os principais sistemas de cultivo de microalgas consistem em fotobiorreatores fechados, lagoas ou tanques abertos aerados.

Sistemas fechados é um método de cultivo por foto biorreactores (PBRs). A principal vantagem dos PBRs é o controle do crescimento das algas, o que leva a uma alta produtividade da biomassa algal. Além disso, por meio da otimização e controle das condições do ambiente de cultivo, a contaminação com outras espécies de algas pode ser evitada (Jankowska, Sahu e Oleskowicz-Popiel, 2017). Segundo Franco *et al.* (2013), boa parte do cultivo de microalgas em larga escala tem sido realizado em cultivo aberto, em lagoas ou tanques que utilizam a luz solar e o CO<sub>2</sub> atmosférico.

## 1.4 Aplicação de microalgas na indústria

As microalgas fornecem inúmeras vantagens para a produção de biocombustíveis: alto crescimento e produtividade, potencial para altos teores de lipídios ou carboidratos, capacidade de crescer em águas residuais, salinas ou água do mar. (Branco-Vieira *et al.*, 2020). Devido ao aumento do custo do petróleo, passou-se a investir em processos termoquímicos e bioquímicos para converter a biomassa microalgal em biocombustíveis (Almeida Lopes *et al.*, 2015). Outro fator motivador é o teor de lipídios contidos na biomassa, que pode variar de 1 a 77% da massa seca (Zorn *et al.*, 2017).

Segundo Bertoldi, Sant'anna e Oliveira (2008), o custo com substrato no cultivo de microrganismos, visando a obtenção de bioprodutos, corresponde a uma porcentagem de 40% a 60% do custo total de produção. Desta forma, utilizam-se meios de cultura alternativos como esgotos domésticos, dejetos industriais, lodo digerido e vinhaça de cana-de-açúcar.

Dentre os produtos e processamentos mais importantes a serem realizados através de microalgas estão: a produção de ácidos graxos (aplicado à produção de biodiesel), tratamento de águas residuárias, produção de suplementos alimentares e biofertilizantes. Pesquisas mais recentes começaram a ser desenvolvidas para direcionar o cultivo de microalgas para a obtenção de combustíveis de aeronaves, como exemplo, a produção de hidrogênio. Tal utilização é aplicada à grandes escalas de produção (Ramirez, 2013).

## 1.5 Processos para extração de lipídeos nas microalgas

Após o cultivo das microalgas é necessário realizar pré-etapas de separação sólido-líquido dos cultivos. Essa etapa é conhecida como colheita de biomassa e serve para concentrar e recuperar a biomassa a ser processada. Usualmente a etapa de colheita pode ser feita através da coagulação, filtração ou centrifugação, esta que se destaca por deixar

uma menor quantidade de água na biomassa (Andrade *et al.*, 2014).

De acordo com Pereira *et al.* (2012), o processo de extração requer várias etapas com o objetivo de obter maior eficiência e rendimento. Para isso, pode-se utilizar recursos como enzimas, solventes químicos ou fluido supercrítico, onde o dióxido de carbono sob pressão e aquecimento funciona como um solvente. Zorn *et al.* (2017) realizaram estudos acerca do método de extração por solvente proposto por Bligh e Dyer (1959), o qual utiliza uma constante mistura de clorofórmio, metanol e água. Nesse estudo realizou-se uma análise das principais variáveis que influenciam no processo de extração, sendo elas a umidade da biomassa, a proporção de solventes, o volume total de solventes e o tempo de ultrassom utilizado.

Outro método muito estudado é de Soxhlet, no qual há uma constante renovação do solvente em contato com a matriz graxa e suas principais vantagens consistem na alta temperatura que o sistema pode atingir por conta da evaporação e não necessita de filtração. Nesse método deve-se evitar o refluxo por muitas horas devido a possíveis reações de peroxidação e hidrólise dos lipídios (Brum e Arruda, 2009).

Ramluckan, Moodley e Bux (2014) fizeram um estudo aprofundado do método de Soxhlet utilizando solventes puros e misturas, variando os tempos totais de refluxo. Para uma melhor análise das amostras realizou-se a cromatografia, visto que a extração por solvente possui a desvantagem de extrair outros compostos da biomassa, especialmente alguns pigmentos. Através desse estudo pôde-se concluir que a porcentagem de lipídios extraídos é maior utilizando misturas de solventes, o tempo ideal de extração é 3 horas e o sistema clorofórmio e etanol (1:1) apresentou melhores resultados e uma remoção de clorofila correspondente a menos de 0,5%.

De uma forma geral, dentre os principais fatores que influenciam na extração de lipídios estão a eficiência da lise celular, o volume total de solvente contido no sistema, a proporção de solventes polares e apolares e o tipo de contato entre o fluido e a biomassa. Desta maneira, o estudo a seguir tem como objetivo estabelecer a melhor técnica de extração de lipídios utilizando a biomassa da espécie *Scenedesmus* sp. fazendo o pré-tratamento da biomassa seca utilizando os métodos de ultrassom e autoclave; comparando dois sistemas de solvente através do método de extração Bligh e Dyer (1959) adaptado e comparando a eficiência da extração pelo método de Soxhlet com a eficiência do método Bligh e Dyer (1959) utilizando o melhor sistema de solvente.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Os métodos estudados nesse trabalho foram: o método proposto por Bligh e Dyer (1959), que originalmente emprega a homogeneização da biomassa com os solventes de extração e o método proposto por Ramluckan, Moodley e Bux (2014), que sugere o uso de uma mistura de dois solventes para a extração no soxhlet. O sistema de solventes

escolhidos tem como fundamento os estudos de Bligh e Dyer (1959), que utiliza metanol e clorofórmio e Ramluckan, Moodley e Bux (2014), que dentre os sistemas testados obteve melhores resultados com o clorofórmio e etanol. A homogeneização proposta pelo primeiro método foi otimizada por (Zorn *et al.*, 2017), através do emprego do ultrassom e essa adaptação foi inserida nos experimentos a seguir. A biomassa utilizada foi centrifugada, colocada em vidros relógio e seca em estufa conforme a Figura 2. Em seguida, a biomassa seca foi macerada e armazenada no freezer.



Figura 2 - Biomassa seca da microalga *Scenedesmus* sp. em vidro relógio.

## 2.1 Pré-Tratamento

Para promover a quebra da estrutura da célula, conhecida como lise celular, dois tipos de pré-tratamento foram utilizados: ultrassom - a amostra devidamente hidratada foi colocada no banho à temperatura ambiente com ultrassom durante 30 minutos, baseado na metodologia utilizada por Zorn *et al.* (2017); autoclave - o erlenmeyer contendo a amostra hidratada foi colocado na autoclave sobre pressão de 1 atm e temperatura de 121°C (Ramluckan, Moodley e Bux, 2014) durante um tempo de 15 minutos. Os experimentos foram realizados em duplicata, desta forma, a Tabela 2 demonstra o planejamento de experimentos.

Ensaio nº	Sistema de solvente	Volume total	Pré-tratamento
1	CMA- clorofórmio/metanol/água	20 mL	30 min ultrassom
2			15 min autoclave
3			
4			
5	CEA- clorofórmio/etanol/água		
6			15 min autoclave
7			
8			
9	CEA- clorofórmio/etanol/água	100 mL	
10			

Tabela 2- Planejamento de experimentos.

## 2.2 Processo de Extração

### 2.2.1 *Bligh & Dyer Adaptado.*

Foram acrescentados à amostra hidratada, o clorofórmio e o metanol (ou etanol) nas proporções e volumes totais pré-estabelecidas, com a ressalva de que apenas metade do clorofórmio foi adicionada. Após a primeira adição de solventes agitou-se o sistema manualmente por 2 minutos e em seguida colocou-se sob agitação em banho de ultrassom à temperatura ambiente por 25 minutos. O Erlenmeyer foi retirado do ultrassom e repetiu-se o procedimento I, adicionando somente a outra metade do clorofórmio ao sistema. Retirou-se a mistura do banho e a água destilada foi adicionada conforme a quantidade estipulada pelo experimento. Em seguida, agitou-se manualmente o sistema durante 2 minutos e com papel filtro de diâmetro médio de 12,5 cm realizou-se a filtração do conteúdo do Erlenmeyer. O filtrado foi coletado e transferido para um funil de separação de vidro de 125 mL. No funil o sistema foi colocado em repouso até que houvesse a completa separação de fases (Figura 2).

Após separação, a fase inferior do funil foi removida e pesada em uma balança devidamente tarada. A fase inferior, correspondente ao solvente, foi evaporada em estufa a uma temperatura de 55 - 60°C durante 24 h. O conteúdo restante do recipiente foi dessecado durante 15 minutos em um dessecador a vácuo e resfriado até a temperatura ambiente. Após a etapa do dessecador o conteúdo foi pesado novamente.

### 2.2.2 *Soxhlet*

O procedimento de controle de quantidade e hidratação da amostra para o método

Soxhet foi o mesmo do método Bligh & Dyer adaptado. Após essa etapa adicionou-se ao balão de 100 mL o sistema de solvente na proporção 2:2:1 previamente estabelecida. A mistura de solventes foi colocado no sistema Soxhlet e o tempo de extração correspondeu a 3h, conforme estudos de Ramluckan, Moodley e Bux (2014). O conteúdo do balão foi resfriado e colocado em repouso até que houvesse a completa separação de fases (Figura 3). Após separação, a fase inferior do funil foi removida e pesada em uma balança devidamente tarada. O conteúdo removido passou por evaporação, dessecamento, resfriamento e pesagem de forma análoga ao método Bligh e Dyer (1959) adaptado.



Figura 3 - Funil de separação contendo o sistema de solventes em duas fases.

### 2.2.3 Cálculo da porcentagem de lipídios

Para calcular a porcentagem de lipídios em 1g de biomassa seca utiliza-se a seguinte equação:

$$\% \text{ Lipídios} = \frac{(m_2 - m_1)}{\text{biomassa pesada (g)}} \times 100$$

Sendo  $m_2$  a massa do frasco contendo os lipídios e  $m_1$  a massa do frasco vazio.



### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O procedimento experimental foi realizado em duplicata e as biomassas utilizadas nos experimentos foram de um mesmo cultivo. Os dados da primeira etapa, correspondente à extração baseada no método Bligh e Dyer (1959) com o uso do ultrassom, estão apresentados na Tabela 3.

n°	Sistema de solvente	Lise celular Pré-tratamento	% de lipídio na microalga	Média (duplicata)
1	CMA* (2:2:1)	Ultrassom (30 min)	10,89	10,78±0,16
2			10,66	
3		Autoclave (15 min)	19,73	
4			20,15	
5	CEA* (2:2:1)	Ultrassom (30 min)	16,73	17,31±0,82
6			17,89	
7		Autoclave (15 min)	18,86	
8			19,69	

CMA\* - Clorofórmio/Metanol/Água CEA\* - Clorofórmio/Etanol/Água

Tabela 3 - Dados experimentais da etapa de extração baseada no método Bligh e Dyer (1959) com uso do ultrassom.

Considerando os dados obtidos por Andrade (2014), acerca da porcentagem total de lipídio da *Scenedesmus* sp. correspondente a uma faixa de 19,6% a 21,1% em peso de biomassa seca, pode-se afirmar que os resultados obtidos estão coerentes com a literatura, destacando os experimentos 3,4,7 e 8 por uma retirada satisfatória e quase total da massa de lipídio contido na microalga utilizada.

Fazendo-se a média e o desvio padrão das amostras 3, 4, 7 e 8, correspondentes às amostras com o pré-tratamento em autoclave, tem-se o valor de 19,61±0,47, o que permite afirmar que os resultados para os dois sistemas de solvente distintos com a autoclave são estatisticamente iguais e o valor obtido pode ser considerado a porcentagem máxima da biomassa usada no presente experimento.

Nota-se que para ambos os sistemas de solvente os melhores resultados deram-se com a lise celular realizada com a autoclave. Esse resultado contraria os resultados obtidos por Lee *et al.* (2010) em que as porcentagens de lipídios obtidas foram de aproximadamente 5%, em biomassa seca, com a autoclave e dentre os dois tipos de pré-tratamento comparados no presente experimento, constata o ultrassom como o melhor para promover o rompimento da célula. A justificativa para essa divergência de resultados encontra-se no tempo de autoclave utilizado, visto que a metodologia por Lee *et al.* (2010) utiliza apenas 5 minutos e nesse experimento adotou-se 15 minutos.

Conforme Lee *et al.* (2010), o efeito do ultrassom no pré-tratamento causa o rompimento da membrana celular devido a um efeito de cavitação, que perturba as células microbianas rompendo-as. No caso da autoclave, a alta pressão promovida por um maior espaço de tempo garante uma desestabilização da membrana citoplasmática da célula, permitindo a liberação de mais lipídios para serem extraídos por solvente. Além disso, esse método coagula proteínas, reduzindo a sua solubilização no sistema de solventes, o que sugere um lipídio extraído mais puro, quando se utiliza uma microfiltração.

O clorofórmio é um solvente que, por apresentar caráter polar-apolar, é capaz de extrair os lipídios apolares, conhecidos como triacilgliceróis associados pelas forças de Wan Der Walls, como também os ácidos graxos que possuem polaridades variadas. Quanto ao etanol e ao metanol, ambos são solventes polares, capazes de extrair os fosfolipídios e glicolipídios através do enfraquecimento das ligações de hidrogênio e forças eletrostáticas que atuam sobre esses lipídios polares, ambos aliam-se tanto à água quando ao clorofórmio, sendo que o lipídio está predominantemente contido na fase formada por clorofórmio/metanol ou clorofórmio/etanol, garantindo uma maior recuperação dos mesmos (lipídios polares e apolares).

O melhor percentual de lipídio extraído da microalga *Scenedesmus* sp. foi obtido com o sistema composto por CEA. A justificativa para o melhor desempenho da extração utilizando o etanol deve-se à menor polaridade do etanol comparado à polaridade do metanol, fato observado através da menor constante dielétrica do etanol. Os lipídios costumam ser fracamente polares com constantes dielétricas na faixa de 2 a 4, portanto, solventes menos polares rendem maiores taxas de solubilização dos lipídios (Galvão *et al.*, 2013).

A segunda etapa do experimento, correspondente à comparação do método Bligh e Dyer (1959) com o método Soxhlet utilizado por Ramluckan, Moodley e Bux (2014), calculou-se a média geral das porcentagens obtidas para ambos os sistemas de solvente como uma forma de avaliar a eficiência de uma forma geral e aplicar o melhor sistema no método Soxhlet. Os valores estão dispostos na Tabela 4.

n°	Sistema de solvente	% de lipídio na microalga	Porcentagem média geral
1		10,89	
2	CMA (2:2:1)	10,66	15,36±4,58
3		19,73	
4		20,15	
5		16,73	
6	CEA (2:2:1)	17,89	18,29±1,10
7		18,86	

Nota-se que, de uma forma geral a melhor média de resultados foi obtida com o sistema CEA (clorofórmio, etanol e água), o que já era esperado visto que em estudos propostos por Ramluckan, Moodley e Bux (2014), ele realiza extrações com diversos solventes e constata melhores resultados com o etanol.

Tabela 4 - Média geral para ambos os sistemas de solvente.

O etanol teve resultados superiores ao metanol, com a vantagem de remover uma menor quantidade de clorofila, pigmento que também é extraído em pequenas quantidades na extração de lipídios, além de, segundo Galvão *et al.* (2013), ter uma toxicidade menor que o metanol, facilitando, portanto, a sua implementação industrial.

A combinação do clorofórmio e etanol em proporções iguais, assim como utilizado no planejamento experimental anteriormente descrito corresponde à melhor eficiência de remoção (Figura 7).

As melhores condições da primeira etapa do experimento foram reproduzidas utilizando o método Soxhlet e os resultados obtidos estão disposta na Tabela 4.

n°	Sistema de solvente	Pré- tratamento	% de lipídio na microalga	Média
9	CEA	Autoclave (15 min)	15,04	15,71±0,67
10			16,38	

Tabela 5 - Dados da extração de lipídios pelo método soxhlet.

Com isso pode-se concluir o método Soxhlet não teve melhor eficiência na remoção do lipídio da microalga com o tempo ótimo de operação definido por Ramluckan, Moodley e Bux (2014), correspondente a 3 horas. Um melhor resultado pode ser obtido com um maior tempo de refluxo do sistema soxhlet, porém não é interessante para a indústria um longo tempo de operação, pois embora a extração a quente seja vantajosa, pode causar a oxidação lipídica e resultar num alto custo com energia térmica.

## 4 | CONCLUSÃO

Os experimentos mostraram que, para ambos os sistemas de solvente utilizados, o pré- tratamento com autoclave aumentou o rendimento da extração, sendo esse aumento mais significativo para o sistema CMA, com um resultado superior em 8% frente a 2% a mais no sistema CEA, que já apresentava resultados próximos do percentual ótimo com o pré- tratamento em ultrassom.

Os dados obtidos permitem constatar que o melhor método de extração quanto ao rendimento, tempo de operação e custo com energia térmica foi o método Bligh & Dyer adaptado com o uso de ultrassom. Tendo como desvantagem apenas a toxicidade dos

solventes envolvidos.

Conclui-se por meio dos dados experimentais e em conformidade com estudos propostos por Ramluckan, Moodley e Bux (2014), que o uso do etanol para substituir o metanol é vantajoso, visto que para o sistema CEA removeu-se em média  $18,29 \pm 1,10\%$  e o sistema CMA  $15,36 \pm 4,58\%$ . A justificativa para o maior rendimento lipídico com o uso do etanol deve-se à menor polaridade desse composto que se solubiliza mais facilmente em lipídios. Além disso, o etanol é uma substância de baixa toxicidade, reduzindo os riscos e gastos com segurança operacional no caso de aplicações industriais.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA LOPES, T. S.; SILVA, A. L. A.; SILVA, A. F.; DANTAS, G. D.; FERREIRA, W. B. Estudo do potencial de geração de biocombustíveis líquidos a partir de microalgas: Utilização de efluentes agroindustriais e domésticos no desenvolvimento da *Chlorella* sp. **Revista Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 33, 2015.
- ANDRADE, D.; COLOZZI-FILHO, A.; GUEDES, C.; LIMA, F.; MACHINESKI, G.; MATOS, M. Principais produtos da biomassa algal e suas aplicações biotecnológicas. **Microalgas de águas continentais: potencialidades e desafios do cultivo**, IAPAR, Londrina, p. 265-343, 2014.
- ANDRADE, L. M. D. **Produção de microalgas e caracterização de sua composição protéica e lipídica via espectrometria de massas**. 2014. Universidade de São Paulo
- BERTOLDI, F. C.; SANT'ANNA, E.; OLIVEIRA, J. L. B. Revisão: Biotecnologia de microalgas. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 9-20, 2008.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian journal of biochemistry and physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BRANCO-VIEIRA, M.; MATA, T.; MARTINS, A.; FREITAS, M.; CAETANO, N. Economic analysis of microalgae biodiesel production in a small-scale facility. **Energy Reports**, v. 6, p. 325-332, 2020.
- BRUM, A. A. S.; ARRUDA, L. F. D. Métodos de extração e qualidade da fração lipídica de matérias-primas de origem vegetal e animal. **Química Nova**, v. 32, p. 849-854, 2009.
- DANESHVAR, E.; OK, Y. S.; TAVAKOLI, S.; SARKAR, B.; SHAHEEN, S. M.; HONG, H.; LUO, Y.; RINKLEBE, J.; SONG, H.; BHATNAGAR, A. Insights into upstream processing of microalgae: A review. **Bioresource Technology**, p. 124870, 2021.
- DE MEDEIROS JERONIMO, C. E.; SILVA, R. M. D.; BACHOLSKY, R. G. PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR ALGAS: INTEGRAÇÃO COM PROCESSOS DE CARCINICULTURA. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 713-724, 2015.
- DOLGANYUK, V.; BELOVA, D.; BABICH, O.; PROSEKOV, A.; IVANOVA, S.; KATSEROV, D.; PATYUKOV, N.; SUKHIKH, S. Microalgae: A promising source of valuable bioproducts. **Biomolecules**, v. 10, n. 8, p. 1153, 2020.

FRANCO, A. L. C.; LÔBO, I. P.; CRUZ, R. S. D.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; ALMEIDA NETO, J. A. D.; MENEZES, R. S. Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. **Química Nova**, v. 36, p. 437-448, 2013.

GALVÃO, A. C.; COPETTI, M.; DAL MAGRO, C.; ILTCHENCO, S.; ROBAZZA, W. S. Extração do óleo da polpa do abacate com Metanol e Etanol a diferentes temperaturas. **Ciência e Natura**, v. 35, n. 2, p. 304-310, 2013.

JANKOWSKA, E.; SAHU, A. K.; OLESKOWICZ-POPIEL, P. Biogas from microalgae: Review on microalgae's cultivation, harvesting and pretreatment for anaerobic digestion. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, p. 692-709, 2017.

LEE, J.-Y.; YOO, C.; JUN, S.-Y.; AHN, C.-Y.; OH, H.-M. Comparison of several methods for effective lipid extraction from microalgae. **Bioresource technology**, v. 101, n. 1, p. S75-S77, 2010.

PATEL, A.; MATSAKAS, L.; ROVA, U.; CHRISTAKOPOULOS, P. A perspective on biotechnological applications of thermophilic microalgae and cyanobacteria. **Bioresource technology**, v. 278, p. 424-434, 2019.

PEREIRA, C. M.; HOBUSS, C. B.; MACIEL, J. V.; FERREIRA, L. R.; DEL PINO, F. B.; MESKO, M. F.; JACOB-LOPES, E.; COLEPICOLO NETO, P. Biodiesel renovável derivado de microalgas: avanços e perspectivas tecnológicas. **Química Nova**, v. 35, p. 2013-2018, 2012.

PHONG, W. N.; SHOW, P. L.; LE, C. F.; TAO, Y.; CHANG, J.-S.; LING, T. C. Improving cell disruption efficiency to facilitate protein release from microalgae using chemical and mechanical integrated method. **Biochemical Engineering Journal**, v. 135, p. 83-90, 2018.

RAMIREZ, N. N. V. Estudo do crescimento da microalga *Scenedesmus* sp. em vinhaça. 2013.

RAMLUCKAN, K.; MOODLEY, K. G.; BUX, F. An evaluation of the efficacy of using selected solvents for the extraction of lipids from algal biomass by the soxhlet extraction method. **Fuel**, v. 116, p. 103-108, 2014.

RODRÍGUEZ-TORRES, M. J.; MORILLAS-ESPAÑA, A.; GUZMÁN, J. L.; ACIÉN, F. G. Modelling and pH Control in Raceway and Thin-Layer Photobioreactors for Wastewater Treatment. **Energies**, v. 14, n. 4, p. 1099, 2021.

SILVA CARDOSO, A.; VIEIRA, G. E. G.; MARQUES, A. K. O uso de microalgas para a obtenção de biocombustíveis. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 4, p. 542, 2011.

SOUSA, M. P. D. Organismos planctônicos de sistemas de lagoas de tratamento de esgotos sanitários como alimento natural na criação de tilápia do Nilo. 2007.

ZORN, S. M. F. E.; PEDRO, G. A.; AMARAL, M. S.; LOURES, C. C. A.; SILVA, M. B. Avaliação Dos Fatores Envolvidos Na Extração De Lipídios Da Biomassa Da Microalga *Chlorella minutissima* Via Solventes. **Holos**, v. 2, p. 66-78, 2017.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acetólise 228, 229, 232, 233

Antibiosis 76, 78, 81, 83, 85, 86

Antifungal activity 76, 79, 80, 83, 84, 85, 90, 164, 165, 166, 167, 168, 170, 171, 175, 176, 177, 179, 180, 181

### B

Benzofenona 207, 209, 213, 214, 219, 224, 225, 226

Biodiesel 149, 150, 154, 162, 163, 251, 252, 253, 256, 258, 260, 261, 262, 263

### C

Câncer 108, 109, 112, 113, 212

Características reprodutivas 183, 185, 199

Células planctônicas 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73

Clínica ampliada 114, 115, 116, 122, 123, 124

Combustíveis 154, 251, 252, 262, 263, 264

Covid-19 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65

### D

Diabrotica speciosa 265, 266, 273, 274

Dislexia 139, 140, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148

Drogadição 39, 42, 44, 52

Drogas 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 126, 209, 210

Drosophila 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206

### E

Electromagnetic fields 93, 94, 95, 103, 104, 105, 106

Enfermedades genéticas 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 13

Epermatozoide 95, 184, 186, 187, 189, 196, 197

Etanol 109, 149, 155, 156, 157, 159, 160, 161, 162, 163, 188, 251, 252, 253, 254, 256, 257, 260, 261, 262, 263, 264

Eugenesia 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10

### F

Fatores de virulência 66, 67, 69

Fusarium graminearum 76, 77, 78, 86, 88, 89, 90, 92, 175, 178

## G

Genética 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10, 15, 16, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 44, 93, 202, 283, 290, 291

Genetics 7, 11, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 106, 201, 202, 203, 205

## H

Hibisco 228, 229, 231, 235

Hibiscus rosa-sinensis l. 228

## I

Ingeniería genética 1, 7, 8, 9, 10

Inseticida 270, 275

Interdisciplinaridade 114, 117, 118, 121, 126

Intervenção fonoaudiológica 139, 141, 142, 143, 144, 145, 146

## J

Jukart 109

## K

K562 108, 109, 112

## L

Lactobacillus 164, 165, 166, 175, 176, 178, 179, 180, 181

Leucemia 109

Levantamento taxonômico 237, 242, 247

Linfoma 109

Lipídios 149, 151, 152, 154, 155, 158, 159, 160, 161, 162, 163

## M

Madurez sexual 127, 129, 131

Marcadores moleculares 15, 16, 18, 20, 21, 27, 28, 29, 33

Medidas eletrofisiológicas 139, 142

Microalga 149, 150, 151, 152, 156, 159, 160, 161, 163, 215

Micronuclei 94, 95, 97, 98, 101, 104

Mycotoxin 77, 78, 87, 89, 90, 92, 165, 166, 176, 177, 179, 180, 181

## O

Octocrileno 207, 209, 213, 216, 217, 219

Óxido nítrico 67, 70, 72

## **P**

Pez león 127, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 137

Poluentes 207, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 217, 218, 219, 220, 222, 223, 227

Pragas 26, 27, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 272, 273, 274, 275

Professors 34, 35, 37

Pterois volitans 127, 128, 133, 134, 138

## **R**

Reforma psiquiátrica 114, 115, 116, 117, 118, 122, 124, 125

Rio São Francisco 236, 238, 241, 242, 248, 249

## **S**

Saccharomyces cerevisiae 76, 77, 78, 86, 87, 88, 89, 92, 178

Sars-Cov-2 54, 55, 61

Scenedesmus 149, 150, 151, 152, 155, 156, 159, 160, 163

Sequenciamento 14, 15, 16, 17, 18, 20, 25, 26, 27, 28

## **T**

Tiazacridínico 107, 109, 110, 111

## **V**

Vacinação 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 64









2

# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

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





  
Ano 2022



2

# CIÊNCIAS BIOLÓGICAS:

Gênese na formação multidisciplinar

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

  
Ano 2022