

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023

VOL III

# Estudos em Biociências e Biotecnologia:

Desafios, Avanços  
e Possibilidades

Manuel Simões  
(organizador)

VOL III

 EDITORA  
ARTEMIS  
2023



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). Direitos para esta edição cedidos à Editora Artemis pelos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento, desde que sejam atribuídos créditos aos autores, e sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

A responsabilidade pelo conteúdo dos artigos e seus dados, em sua forma, correção e confiabilidade é exclusiva dos autores. A Editora Artemis, em seu compromisso de manter e aperfeiçoar a qualidade e confiabilidade dos trabalhos que publica, conduz a avaliação cega pelos pares de todos manuscritos publicados, com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

<b>Editora Chefe</b>	Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Antonella Carvalho de Oliveira
<b>Editora Executiva</b>	M. <sup>a</sup> Viviane Carvalho Mocellin
<b>Direção de Arte</b>	M. <sup>a</sup> Bruna Bejarano
<b>Diagramação</b>	Elisangela Abreu
<b>Organizador</b>	Prof. Dr. Manuel Simões
<b>Imagem da Capa</b>	Vivilweb/123RF
<b>Bibliotecário</b>	Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

#### Conselho Editorial

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ada Esther Portero Ricol, *Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”*, Cuba  
Prof. Dr. Adalberto de Paula Paranhos, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof. Dr. Agustín Olmos Cruz, *Universidad Autónoma del Estado de México*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Amanda Ramalho de Freitas Brito, Universidade Federal da Paraíba, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Clara Monteverde, *Universidad de Buenos Aires*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ana Júlia Viamonte, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Ángel Mujica Sánchez, *Universidad Nacional del Altiplano*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Angela Ester Mallmann Centenaro, Universidade do Estado de Mato Grosso, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Begoña Blandón González, *Universidad de Sevilla*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Carmen Pimentel, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Catarina Castro, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cirila Cervera Delgado, *Universidad de Guanajuato*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Neves, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cláudia Padovesi Fonseca, Universidade de Brasília-DF, Brasil  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos, Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil  
Prof. Dr. David García-Martul, *Universidad Rey Juan Carlos de Madrid*, Espanha  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Deuzimar Costa Serra, Universidade Estadual do Maranhão, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Dina Maria Martins Ferreira, Universidade Estadual do Ceará, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edith Luévano-Hipólito, *Universidad Autónoma de Nuevo León*, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eduarda Maria Rocha Teles de Castro Coelho, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Portugal  
Prof. Dr. Eduardo Eugênio Spers, Universidade de São Paulo (USP), Brasil  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Laura Hernández Carballido, *Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, México



Prof.ª Dr.ª Emilas Darlene Carmen Lebus, *Universidad Nacional del Nordeste/ Universidad Tecnológica Nacional, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Erla Mariela Morales Morgado, *Universidad de Salamanca, Espanha*  
Prof. Dr. Ernesto Cristina, *Universidad de la República, Uruguay*  
Prof. Dr. Ernesto Ramírez-Briones, *Universidad de Guadalajara, México*  
Prof. Dr. Fernando Hitt, *Université du Québec à Montréal, Canadá*  
Prof. Dr. Gabriel Díaz Cobos, *Universitat de Barcelona, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Gabriela Gonçalves, Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), Portugal  
Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointner Malpass, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Gladys Esther Leoz, *Universidad Nacional de San Luis, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Glória Beatriz Álvarez, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Gonçalo Poeta Fernandes, Instituto Politécnico da Guarda, Portugal  
Prof. Dr. Gustavo Adolfo Juarez, *Universidad Nacional de Catamarca, Argentina*  
Prof. Dr. Håkan Karlsson, *University of Gothenburg, Suécia*  
Prof.ª Dr.ª Iara Lúcia Tescarollo Dias, Universidade São Francisco, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Isabel del Rosario Chiyon Carrasco, *Universidad de Piura, Peru*  
Prof.ª Dr.ª Isabel Yohena, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof. Dr. Ivan Amaro, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Iván Ramon Sánchez Soto, *Universidad del Bío-Bío, Chile*  
Prof.ª Dr.ª Ivânia Maria Carneiro Vieira, Universidade Federal do Amazonas, Brasil  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz, *University of Miami and Miami Dade College, Estados Unidos*  
Prof. Dr. Jesús Montero Martínez, *Universidad de Castilla - La Mancha, Espanha*  
Prof. Dr. João Manuel Pereira Ramalho Serrano, Universidade de Évora, Portugal  
Prof. Dr. Joaquim Júlio Almeida Júnior, UniFIMES - Centro Universitário de Mineiros, Brasil  
Prof. Dr. Jorge Ernesto Bartolucci, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. José Cortez Godínez, Universidad Autónoma de Baja California, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Cancino Diaz, Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof. Dr. Juan Carlos Mosquera Feijoo, *Universidad Politécnica de Madrid, Espanha*  
Prof. Dr. Juan Diego Parra Valencia, *Instituto Tecnológico Metropolitano de Medellín, Colômbia*  
Prof. Dr. Juan Manuel Sánchez-Yáñez, *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México*  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
Prof. Dr. Leinig Antonio Perazolli, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof.ª Dr.ª Livia do Carmo, Universidade Federal de Goiás, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Luciane Spanhol Bordignon, Universidade de Passo Fundo, Brasil  
Prof. Dr. Luis Fernando González Beltrán, *Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
Prof. Dr. Luis Vicente Amador Muñoz, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Macarena Esteban Ibáñez, *Universidad Pablo de Olavide, Espanha*  
Prof. Dr. Manuel Ramiro Rodríguez, *Universidad Santiago de Compostela, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Márcia de Souza Luz Freitas, Universidade Federal de Itajubá, Brasil  
Prof. Dr. Marcos Augusto de Lima Nobre, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil  
Prof. Dr. Marcos Vinicius Meiado, Universidade Federal de Sergipe, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Mar Garrido Román, *Universidad de Granada, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Margarida Márcia Fernandes Lima, Universidade Federal de Ouro Preto, Brasil  
Prof.ª Dr.ª María Alejandra Arecco, *Universidad de Buenos Aires, Argentina*  
Prof.ª Dr.ª Maria Aparecida José de Oliveira, Universidade Federal da Bahia, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Carmen Pastor, *Universitat Jaume I, Espanha*  
Prof.ª Dr.ª Maria do Céu Caetano, Universidade Nova de Lisboa, Portugal  
Prof.ª Dr.ª Maria do Socorro Saraiva Pinheiro, Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
Prof.ª Dr.ª Maria Gracinda Carvalho Teixeira, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil



Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Lúcia Pato, Instituto Politécnico de Viseu, Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maritza González Moreno, *Universidad Tecnológica de La Habana*, Cuba  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mauriceia Silva de Paula Vieira, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ninfa María Rosas-García, Centro de Biotecnología Genómica-Instituto Politécnico Nacional, México  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Odara Horta Boscolo, *Universidade Federal Fluminense*, Brasil  
Prof. Dr. Osbaldo Turpo-Gebera, *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*, Peru  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Patrícia Vasconcelos Almeida, Universidade Federal de Lavras, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Paula Arcoverde Cavalcanti, Universidade do Estado da Bahia, Brasil  
Prof. Dr. Rodrigo Marques de Almeida Guerra, Universidade Federal do Pará, Brasil  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sergio Bitencourt Araújo Barros, Universidade Federal do Piauí, Brasil  
Prof. Dr. Sérgio Luiz do Amaral Moretti, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Silvia Inés del Valle Navarro, *Universidad Nacional de Catamarca*, Argentina  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Solange Kazumi Sakata, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)- USP, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Stanislava Kashtanova, *Saint Petersburg State University*, Russia  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Cardoso, Universidade Aberta de Portugal  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teresa Monteiro Seixas, Universidade do Porto, Portugal  
Prof. Dr. Valter Machado da Fonseca, Universidade Federal de Viçosa, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera, Universidade Federal de Campina Grande, Brasil  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Vera Lúcia Vasilévski dos Santos Araújo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil  
Prof. Dr. Wilson Noé Garcés Aguilar, *Corporación Universitaria Autónoma del Cauca*, Colômbia  
Prof. Dr. Xosé Somoza Medina, *Universidad de León*, Espanha

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

E82 Estudos em biociências e biotecnologia [livro eletrônico] : desafios, avanços e possibilidades: vol. III / Organizador Manuel Simões. – Curitiba, PR: Artemis, 2023.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

Edição bilíngue

ISBN 978-65-81701-10-9

DOI 10.37572/EdArt\_301123109

1. Ciências biológicas. 2. Biotecnologia. 3. Biomedicina.  
I.Simões, Manuel.

CDD 574

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**





## PREFÁCIO

O volume III da edição “Estudos em Biociências e Biotecnologia: Desafios, Avanços e Possibilidades” disponibiliza ao leitor um conteúdo essencialmente focado no estudo de plantas e interfaces para dar resposta a desafios científicos e sociais específicos. O desenvolvimento de conhecimento científico e de tecnologia para a produção sustentável de plantas, bem como o seu processamento e valorização é fundamental para a transição para uma bioeconomia e para a resposta a objetivos de desenvolvimento sustentável, estabelecidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas. O livro está organizado em 12 capítulos que focam essencialmente a investigação molecular de plantas, estudos de fisiologia, fitopatologia, cultivo e processamento, e novas aplicações de plantas e das suas moléculas (produtos fitoquímicos).

Manuel Simões

<https://orcid.org/0000-0002-3355-4398>

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

DIVERSIDAD MORFOLÓGICA Y GENÉTICA DEL AGUACATE CRIOLLO EN NUEVO LEÓN, MÉXICO

María Genoveva Álvarez Ojeda

Víctor Pecina Quintero

Efraín Acosta Díaz

Isidro Humberto Almeyda León

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231091](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231091)

### **CAPÍTULO 2..... 12**

ACTIVIDAD FOTOSINTÉTICA ASOCIADA CON EL INTERCAMBIO GASEOSO DE NUEVE MORFOTIPOS DEL CULTIVO DE *Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon - MASHUA

Chacón Campana Máximo Américo

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231092](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231092)

### **CAPÍTULO 3..... 38**

LOCALIZACIÓN DE ANTOCIANINAS Y DUREZA DEL ENDOSPERMO EN GERMOPLASMA DE MAÍZ AZUL

Germán Fernando Gutiérrez-Hernández

José Luis Arellano-Vázquez

Luis Fernando Ceja-Torres

Estela Flores-Gómez

Patricia Vázquez-Lozano

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231093](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231093)

### **CAPÍTULO 4..... 44**

PARDEAMIENTO Y PORCENTAJE DE BROTAÇÃO EN TUBÉRCULOS DE CLONES Y VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) INFECTADOS POR *Candidatus Liberibacter solanacearum*

Margarita Díaz Valasis

Víctor Manuel Parga Torres

María Genoveva Álvarez Ojeda

Ángel Ismael Narváez Rodríguez

Isidro Humberto Almeyda León

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231094](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231094)

**CAPÍTULO 5..... 54**

ATAQUE DE *Frankliniella williamsi* HOOD (*Thysanoptera*: Thripidae) EN CULTIVARES DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN TABASCO, MÉXICO

Dante Sumano López

Mario Rodríguez Cuevas

Víctor Hugo Arias López

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231095](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231095)

**CAPÍTULO 6.....62**

DISEÑO BOX-BEHNKEN USANDO EL CRITERIO DE DESEABILIDAD PARA LA PRODUCCIÓN DE CELULASAS POR *Aspergillus niger* ITV 02 A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR DESLIGNIFICADO

Marin I. Infanzón-Rodríguez

Daniel A. Zavala-Ortiz

Javier Gómez-Rodríguez

Maria Guadalupe Aguilar-Uscanga

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231096](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231096)

**CAPÍTULO 7 .....76**

IDENTIFICACIÓN DE *MELOIDOGYNE JAVANICA* NEMATODO AGALLADOR EN BEGONIA CULTIVAR COCKTAIL

Ramón Rodríguez Blanco

José Israel Rodríguez Barrón

Elia Cruz Crespo

Fabiola Cinco García

Miguel Díaz Heredia

Kennedy Antonio Cortez Isiordia

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231097](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231097)

**CAPÍTULO 8..... 84**

XANTONAS COMO AGENTES TERAPÉUTICOS PARA ENFERMEDADES INFLAMATORIAS DE LA PIEL

Mario E. Cancino-Díaz

Gabriel Betanzos-Cabrera

Juan C. Cancino-Díaz

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231098](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231098)



**CAPÍTULO 9..... 96**

RESISTÊNCIA BACTERIANA E COMPOSTOS NATURAIS: APLICAÇÃO DESTE CONCEITO NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

Maria José Saavedra  
Lúcia Chaves Simões  
Manuel Simões  
Conceição Fernandes

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_3011231099](https://doi.org/10.37572/EdArt_3011231099)

**CAPÍTULO 10..... 106**

CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN DEL MANGLAR ENTRE 2009-2017 EN EL SISTEMA LAGUNAR DE CHACAHUA-PASTORÍA, OAXACA

Cristian Tovilla Hernández  
Rita Lorena Salas Roblero  
Erika María Villatoro Arreola

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112310910](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310910)

**CAPÍTULO 11.....133**

INFLUENCIA DEL ESTRÉS HÍDRICO EN EL CRECIMIENTO DEL FRUTO Y EN LA FORMACIÓN DE ACEITE EN EL CULTIVO DEL OLIVO

Javier Hidalgo Moya  
Juan Carlos Hidalgo Moya  
Ana Leyva Bollero  
María del Carmen Jiménez Muñoz  
Daniel Pérez Mohedano  
Victorino Vega Macías

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112310911](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310911)

**CAPÍTULO 12 ..... 141**

DESHIDRATACIÓN DE CHILE HABANERO PARTE I: EXPERIMENTACIÓN Y MODELADO

Carlos Orozco-Alvarez  
Gisela Palma-Orozco  
Jonathan Alcántara-Melgar  
Sergio García-Salas  
Enrique Hernández-Sánchez

 [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_30112310912](https://doi.org/10.37572/EdArt_30112310912)

**SOBRE O ORGANIZADOR ..... 150**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 151**

## RESISTÊNCIA BACTERIANA E COMPOSTOS NATURAIS: APLICAÇÃO DESTE CONCEITO NA APRENDIZAGEM DAS CIÊNCIAS

Data de aceite: 29/11/2023

**Maria José Saavedra**<sup>1,2</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-7492-4965>

**Lúcia Chaves Simões**<sup>3,4</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-4893-1985>

**Manuel Simões**<sup>5,6</sup>

<https://orcid.org/0000-0002-3355-4398>

**Conceição Fernandes**<sup>7</sup>

<https://orcid.org/0000-0003-2873-501X>

**RESUMO:** Atualmente, o paradigma do ensino das ciências da vida deve considerar novas estratégias para o sucesso na aprendizagem.

<sup>1</sup> Centre for the Research and Technology for Agro-Environment and Biological Sciences (CITAB), University of Trás-os-Montes e Alto Douro, 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>2</sup> CECAV – Animal and Veterinary Research Center and AL4AnimalS, University of Trás-os-Montes and Alto Douro (UTAD), 5000-801 Vila Real, Portugal.

<sup>3</sup> CEB – Centre of Biological Engineering, University of Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal.

<sup>4</sup> LABBELS – Associate Laboratory in Biotechnology, Bioengineering and Microelectromechanical Systems, Braga/Guimarães, Portugal.

<sup>5</sup> LEPABE, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Porto, 4200-465 Porto, Portugal.

<sup>6</sup> ALiCE – Associate Laboratory in Chemical Engineering, Faculty of Engineering, University of Porto, Rua Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal.

<sup>7</sup> Centro de Investigação de Montanha (CIMO)/Laboratório Associado para a Sustentabilidade e Tecnologia em Regiões de Montanha (SusTEC), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal.

Exemplos de aplicações práticas relevantes, nas áreas da saúde (humana, animal), alimentar e ambiental podem servir como um forte estímulo ao conhecimento. A resistência bacteriana aos antibióticos é um problema de Saúde Pública relevante a nível global. O uso inadequado de antibióticos tem sido considerado como um dos principais fatores para este problema. A abordagem *One Health*, reconhece que a saúde humana está ligada à saúde dos animais e meio ambiente, preconizando uma ação combinada entre elas. Como consequência, a pesquisa de medidas alternativas aos antimicrobianos disponíveis é imperativa. O conhecimento de que os recursos naturais fornecem um amplo campo químico a ser explorado em compostos com bioatividade, pode aumentar o interesse pela aprendizagem. As estratégias passam por pesquisas de compostos naturais presentes em plantas com propriedades antimicrobianas reconhecidas. Extratos vegetais podem ter efeitos benéficos devido aos seus níveis de flavonóides, carotenóides, esteróis e minerais. Geralmente, extratos de plantas com maior quantidade e diversidade de compostos fenólicos podem ser importantes para conferir o tipo de atividade biológica. Para alcançar o sucesso da aprendizagem, as estratégias através da comunicação ativa devem incluir aspetos relevantes de aplicações práticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Bactérias. Resistência. Antibióticos. Compostos-bioativos. Aplicabilidade. Educação.

## BACTERIAL RESISTANCE AND NATURAL COMPOUNDS: APPLICATION OF THIS CONCEPT IN SCIENCE LEARNING

**ABSTRACT:** Nowadays, life science teaching paradigm must consider new strategies for success in learning science. Exemplification of relevant practical applications, in the area of health (human and animal), of food and of the environment, can serve as a strong stimulus for knowledge. Bacterial resistance to antibiotics is a relevant public health problem at global level. The inappropriate use of antibiotics has been considered as one of the major factors contributing to this problem. One Health approach recognizes that health of people is connected to health of animals and environment, seeking a combined action between them. Consequently, research of alternatives measures to antimicrobials are imperative. Knowledge that natural resources provide an abundant chemical space to be explored in compounds with bioactivity can lead to high interest for learning purposes. The strategy can pass through research of natural compounds largely present in plants with recognized antimicrobial properties. Plant extracts can have beneficial effects due to their levels of flavonoids, carotenoids and sterols. Generally, plant extracts with a higher quantity and diversity of phenolic compounds can be important to endorse the type of biological activity. To achieve learning success, strategies through active communication should include relevant aspects of practical applications.

**KEYWORDS:** Bacteria. Resistance. Antibiotics. Bioactive-compounds. Applicability. Education.

### 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o paradigma do ensino das ciências da vida deve considerar novas estratégias para o sucesso na aprendizagem. Exemplos de aplicações práticas relevantes (i) nas áreas da saúde (humana, animal), (ii) alimentar e (iii) ambiental, podem servir como um forte estímulo ao conhecimento. O reconhecimento do problema da resistência associada ao uso de antibióticos está presente desde 1940, quando estes começaram a ser utilizados em ambiente clínico (Habboush e Guzman, 2018). A resistência bacteriana é um desafio para vários setores a nível mundial, dado que se associa a um alto nível de morbidade e mortalidade (Frieri *et al.*, 2017; Loureiro *et al.*, 2016; Qiao *et al.*, 2018). Vários relatórios da *World Health Organization* (WHO 2014, 2017) realçam este facto e salientam que atualmente as infeções causadas por bactérias resistentes apresentam difícil tratamento, devido ao aumento da resistência aos antibióticos disponíveis. Além disso, a WHO, elaborou uma lista com 12 famílias de bactérias denominadas de “patogénicos prioritários” para os quais urge pesquisar e desenvolver novos antimicrobianos. Entre estes, encontram-se as bactérias patogénicas integrantes do acrónimo ESKAPE, *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Enterobacter* spp. (Petchiappan e Chatterji,

2017; WHO, 2014; 2017). São de particular preocupação, as bactérias patogênicas e oportunistas com capacidade de resistir, simultaneamente, a diferentes antibióticos de grupos distintos – bactérias multirresistentes. O *European Centre for Disease Prevention and Control* (ECDC) e o *Center for Disease Control and Prevention* (CDC) estabeleceram uma terminologia internacional para descrever os perfis de resistência a antibióticos. Define-se como microrganismo multirresistente, um microrganismo que é resistente a  $\geq 1$  antibiótico em  $\geq 3$  classes de antibióticos diferentes. Segundo a WHO (2017), a resistência a antibióticos representa uma das maiores ameaças a nível global prevendo-se que daqui a 30 anos as bactérias multirresistentes matem mais que o cancro.

## 2 MEDIDAS PARA A REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA AOS ANTIMICROBIANOS

A WHO, em novembro de 2017, reforçou que devem ser tomadas medidas, que abrangem todos os setores da sociedade, para se reduzir o impacto e limitar o aumento da resistência aos antibióticos. Também a FAO defende a abordagem *One Health* (Uma Saúde) – procurando uma ação combinada entre saúde humana, saúde animal e fatores ambientais, reunindo profissionais de saúde humana, veterinários, especialistas em sanidade animal, biólogos, sociólogos, economistas, ecologistas, assim como outros intervenientes, para trabalhar em questões associadas a agentes infecciosos/resistência a antibióticos num sistema holístico.

Neste contexto, organizações nacionais e internacionais, estabeleceram estratégias com objetivo de prevenir a ocorrência e disseminação da resistência bacteriana. As estratégias passam por: (i) utilizar de modo mais restrito os antibióticos e apenas quando prescritos por profissionais de saúde; (ii) incentivar a instrução a profissionais de saúde, para o correto uso de antibióticos (dosagem e duração da toma dos antibióticos); (iii) promover e aplicar boas práticas de higiene, em todos os setores; (iv) intensificar os sistemas de vigilância com o objetivo de monitorizar o uso de antibióticos e a resistência bacteriana, em saúde humana e animal, e também, na cadeia alimentar; e (v) investir na investigação de novos antibióticos e instrumentos de diagnóstico (Lammie e Hughes, 2016; WHO, 2017). Numa visão global, dada a situação da resistência aos antibióticos e do aumento de bactérias multirresistentes, estas medidas são estratégicas, no entanto, estão a tornar-se insuficientes. Assim, torna-se uma prioridade a procura de novas moléculas, dado o crescente aumento da resistência aos antibióticos e, conseqüentemente, a sua ineficácia no combate a infeções bacterianas causadas por agentes multirresistentes.

### 3 PLANTAS COMO FONTES DE NOVOS ANTIMICROBIANOS

Uma das estratégias emergentes tem sido a pesquisa de compostos naturais amplamente presentes em plantas com propriedades antimicrobianas reconhecidas, como compostos fenólicos (fenóis simples, ácidos fenólicos, quinonas, flavonóides e taninos), óleos essenciais, terpenóides, alcalóides e glucosinolatos, entre outros. As plantas podem ser recursos terapêuticos valiosos, já que representam fontes de novas substâncias farmacêuticas potencialmente importantes, podendo ser usadas todas as partes de uma planta, de raízes a sementes e flores. Apesar do potencial em componentes bioativos depender das condições climáticas, extratos aquosos de *Brassica* podem constituir uma importante fonte natural de antioxidantes (Aires et al., 2011). No caso das plantas superiores, especialmente as presentes em florestas tropicais, o isolamento de novos compostos só foi explorado muito parcialmente, e estima-se que apenas 6%, das aproximadamente 300.000 espécies, tenham sido investigados para o seu potencial farmacológico, e cerca de 15% para o seu potencial fitoquímico (Cragg e Newman, 2013).

Os metabolitos secundários das plantas (fitoquímicos) já demonstraram o seu potencial como antibacterianos quando utilizados isoladamente e como sinérgicos ou potenciadores de outros agentes antibacterianos. Estes frequentemente atuam através de diferentes mecanismos, comparativamente aos antibióticos convencionais, daí o seu potencial uso no tratamento de bactérias resistentes (Abreu *et al.*, 2012). Os fitoquímicos derivados de plantas podem ser utilizados como agente terapêutico único ou em formulações combinadas no desenvolvimento de fármacos. Alguns compostos com atividades antimicrobianas parecem atuar de forma sinérgica entre eles, de forma a produzir um efeito global mais intenso e eficaz. Outros compostos não-antimicrobianos parecem ter uma função mais reguladora, promovendo o aumento da solubilidade, absorção e estabilidade química dos compostos mais ativos. Borges e colaboradores (2016) referem que outros compostos têm sido associados a uma atividade antibacteriana adjuvante, principalmente por serem capazes de inibir ativamente alguns mecanismos de resistência por parte de organismos patogênicos.

### 4 ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE DIFERENTES EXTRATOS: CASOS DE ESTUDO

De entre a lista de patogênicos prioritários, têm sido realizados vários estudos com bactérias de (i) Prioridade 1 - Crítica: *Acinetobacter baumannii* resistente aos carbapenemos, *Pseudomonas aeruginosa* resistente aos carbapenemos e Enterobacteriaceae resistentes aos carbapenemos e (ii) Prioridade 2 - Alta: *Staphylococcus aureus*, resistentes à metilina (MRSA). Atualmente, estão disponíveis

alternativas terapêuticas limitadas para o tratamento de infecções causadas para estes géneros bacterianos. Tendo em conta o conceito *One Health* os isolados foram provenientes de diversas origens da região de Trás-os-Montes e Alto Douro, localizada a Norte de Portugal: I. Amostras de origem clínica humana cedidas pelo Centro Hospitalar de Trás-os-Montes e Alto Douro (CHTMAD), no âmbito de protocolos aprovados pela Comissão de Ética: (i) Isolados de Gram negativo, resistentes a carbapenemos (desde 2003); (ii) Isolados do Serviço de Cirurgia-Consulta do pé Diabético (desde 2009); (iii) Isolados de feridas crónicas dos Serviços de Cirurgia Plástica, Cirurgia Geral, Medicina Interna, Patologia Clínica (desde 2018). II. Amostras de origem animal (i) Isolados clínicos de animais de companhia, selvagens e exóticos, no âmbito de protocolos (Hospital Veterinário da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Centro de Recuperação, Acolhimento e Tratamento de Animais Selvagens (CRATAS), Centro de Recuperação de Animais Selvagens do Hospital Veterinário da Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, (CRAS-HVUTAD) (2006); (ii) Isolados de aves, répteis e mamíferos de Jardins Zoológicos (2012); (iii) Isolados de animais de produção (2014); III. Amostras ambientais (i) isolados associados a cuidados continuados, de Residências Sénior do distrito de Bragança, no âmbito de protocolo estabelecido com os respetivos Presidentes da Direção de cada uma das instituições (2010); (ii) Isolados associados à qualidade das águas fluviais, rios e organismos bioindicadores (desde 2004); (iii) Isolados de diversos géneros alimentícios e ambientes de produção alimentar (2010).

Nos estudos efetuados vários metabolitos secundários de plantas e seus derivados foram identificados como possíveis agentes antimicrobianos, por deteção de atividade antimicrobiana, através de bioensaio pelo método de difusão em disco e determinação da Concentração Mínima Inibitória (CMI).

Extratos hidro-alcoólicos de *Lavandula angustifolia* e *Urtica dioica* mostraram efeitos antimicrobianos em *Staphylococcus aureus* resistentes à metilina (MRSA), isolados de úlceras do pé diabético. Uma associação direta entre o alto conteúdo de ácidos hidroxicinâmicos (ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido rosmarínico) e flavonóides (quercetina) e diminuição da atividade de crescimento bacteriano foi observada. O facto da lavanda e da urtiga serem ricas em ácidos hidroxicinâmicos e quercetina parece explicar o elevado potencial antibacteriano destas plantas (Zenão *et al.* 2017). Adicionalmente os isotiocianatos têm um valor biológico interessante e devem ser considerados como uma ferramenta importante a ser usada contra MRSA. Os estudos mostraram uma forte relação entre a estrutura química dos isotiocianatos e sua eficácia antibacteriana. O benzil-isotiocianato foi o mais efetivo com uma concentração inibitória mínima variando



entre 2,9 e 110  $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  com uma taxa de atividade antibacteriana de até 87% (Dias *et al.*, 2014). Também *Pterospartum tridentatum* e *Mentha pulegium* apresentam composição em polifenóis distinta, com implicações na atividade antibacteriana. Dependendo da concentração de extrato hidro-alcoólico de *P. tridentatum* (poejo) foi observada atividade antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* sensível à metilina (MSSA), bem como contra MRSA. Essa atividade antibacteriana parece estar relacionada ao alto conteúdo de flavonóis, flavonas e isoflavonas que podem atuar sinergicamente entre si contra esse tipo de bactéria (Aires *et al.*, 2016). Num estudo com *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* e *Listeria monocytogenes*, foi avaliado o mecanismo de ação do ácido gálico (GA) e ácido ferúlico (FA), um ácido hidroxibenzoico e um ácido hidroxicinâmico, respectivamente. Verificou-se que tiveram atividade antimicrobiana com CMI de 500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para *P. aeruginosa*, 1500  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para *E. coli*, 1750  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para *S. aureus* e 2000  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para *L. monocytogenes* com GA; 100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para *E. coli* e *P. aeruginosa*, 1100  $\mu\text{g}/\text{mL}$  e 1250  $\mu\text{g}/\text{mL}$  para *S. aureus* e *L. monocytogenes*, respectivamente, com FA. O ácido gálico (GA) e ácido ferúlico (FA), levaram a mudanças irreversíveis nas propriedades da membrana (carga, permeabilidade intra e extracelular e propriedades físico-químicas) por meio de alterações de hidrofobicidade, diminuição da carga superficial negativa e ocorrência de rutura local ou formação de poros nas membranas celulares com conseqüente perda de constituintes (Borges, *et al.*, 2013).

Compostos fenólicos puros são por vezes menos eficazes do que os extratos vegetais fenólicos, provavelmente por causa do efeito aditivo dos diferentes compostos fenólicos presentes nos extratos (Rodríguez-Vaquero *et al.*, 2007; Cueva *et al.*, 2012). Segundo Liu (2003), os efeitos aditivos e sinérgicos dos fitoquímicos nas plantas são responsáveis pelas suas propriedades bioativas e o seu efeito é atribuído à mistura complexa de fitoquímicos presentes em plantas inteiras, em vez de compostos antimicrobianos isolados.

Fitoquímicos demonstraram potencial como antibacterianos quando usados isoladamente e com efeito sinérgico quando associados a antibióticos. Estudos mostraram que isotiocianatos tiveram atividades antimicrobianas significativas, comparativamente a fenólicos menos eficazes. No entanto, a aplicação de combinações duplas (fitoquímico+antibiótico) mostrou sinergia entre estreptomina e ácido gálico, ácido ferúlico, ácido clorogênico, allisotiocianato e 2-feniletilisotiocianato contra as bactérias Gram-negativas *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Listeria monocytogenes* e *Staphylococcus aureus* (Saavedra *et al.*, 2010). O efeito sinérgico entre isotiocianatos e antibióticos (gentamicina e vancomicina), foi também avaliado contra *E. coli*, *Enterococcus*

*faecalis*, *L. monocytogenes*, *P. aeruginosa* e *S. aureus*. Os resultados mostraram um efeito antimicrobiano seletivo dos isotiocianatos, estritamente relacionado com a sua estrutura química. Em geral, o benzil-isotiocianato foi o composto mais eficaz contra bactérias Gram-positivas e Gram-negativas. *L. monocytogenes* e *S. aureus* foram as bactérias mais afetadas pelos fitoquímicos isoladamente ou pela combinação fitoquímico-antibiótico, e *P. aeruginosa* foi o patógeno menos afetado. O efeito sinérgico mais importante foi observado entre os antibióticos com benzil-isotiocianato e com 2-feniletil-isotiocianato (Dias *et al.*, 2012). Num outro estudo realizado com 11 isolados de *E. coli*, produtoras de  $\beta$ -lactamases de espectro alargado (ESBLs), de origem animal e humana, a combinação da gentamicina e 2-feniletil-isotiocianato foi a que mostrou efeito sinérgico mais importante (Freitas *et al.*, 2013).

## 5 EXTRATOS DE PLANTAS COMO POTENCIAIS CONSERVANTES: EXEMPLO DE FLORA EUROPEIA

Frente a um mercado consumidor cada vez mais preocupado com a saúde e efeitos deletérios de aditivos químicos, as plantas e seus constituintes vem sendo objetos de estudo pelas suas propriedades bioativas, funcionais e terapêuticas diretamente associadas aos compostos fenólicos. Nesse sentido, extratos hidroetanólicos (80:20; v/v) de espécies vegetais da flora europeia, nomeadamente *Hippophae rhamnoides* L. (folhas, ramos e flores) e *Rubus idaeus* L. (folhas) foram avaliadas quanto ao perfil de compostos fenólicos, sendo identificados ácidos fenólicos, derivados do ácido cafeico, elagitaninos, flavonóis e flavonas. O total de compostos fenólicos em cada amostra foi de 123 mg/g para *H. rhamnoides* e de 100 mg/g para *R. idaeus*, de extrato seco (Martins 2022). Os extratos de folhas de *Rubus idaeus* e extratos de folhas, ramos e flores de *Hippophae rhamnoides* mostraram atividade antimicrobiana contra vários microrganismos de Gram-positivo e de Gram-negativo associados a contaminação alimentar e de cosméticos, pelo método da microdiluição (Martins *et al.* 2023). Os valores de CMI obtidos para aditivos sintéticos, como o benzoato de sódio (E211) e metabissulfito de potássio (E224) (Othman 2021), habitualmente utilizados como conservantes nas indústrias alimentícia e cosmética, foram iguais ou superiores aos valores de CMI obtidos para os extratos testados. Destaca-se inclusive a resposta observada para *Listeria monocytogenes* (ATCC 19111) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 204305) (extratos: CMI = 0,6 mg/mL), que mostrou ser bastante mais efetiva comparativamente aos aditivos artificiais (E211: CMI = 4,0–1,0 mg/mL; E224: CMI = 1,0–0,5 mg/mL). Por outro lado, os resultados da avaliação da toxicidade *in vivo* usando *Artemia franciscana* mostrou valores de LC50 > 400 mg/L,

classificando estes extratos como de baixa toxicidade (Martins et al. 2023), o que de outro modo poderia ser limitativo para a o seu uso. Assim, estes extratos podem ser ingredientes promissores para aplicações industriais e em oportunidades de inovação devido à riqueza no conteúdo e na expressão de propriedades bioativas, nomeadamente na aplicação destes extratos como alternativas naturais aos conservantes sintéticos, com aplicabilidade em produtos alimentares, bem como produtos cosméticos.

## 6 CONCLUSÕES

Atualmente, o paradigma do ensino das ciências da vida deve contemplar exemplos de aplicações práticas relevantes. O conhecimento de que os recursos naturais fornecem um amplo campo químico a ser explorado em compostos com bioatividade, pode aumentar o interesse pela aprendizagem. A resistência bacteriana aos antibióticos é um problema de Saúde Pública relevante a nível global, pelo que urge a pesquisa de alternativas. Nesse sentido, têm sido desenvolvidos trabalhos no âmbito da pesquisa de compostos com atividade antimicrobiana como alternativa às moléculas existentes. As estratégias passam por pesquisas de compostos naturais presentes em plantas com propriedades antimicrobianas reconhecidas. Os resultados globais demonstram o papel dos fitoquímicos em co-terapias para promover uma maior eficácia no tratamento e diminuir a resistência antimicrobiana aos antibióticos quer em células em estado planctónico quer em biofilmes.

Neste artigo, foram abordados diferentes estudos, realizados com isolados provenientes de diversas origens, que enfatizam o potencial dos compostos derivados de plantas como fonte sustentável de novos produtos antimicrobianos de amplo espectro. Os extratos vegetais podem ter efeitos benéficos devido aos seus níveis de flavonóides, carotenóides, esteróis e minerais. Geralmente, extratos de plantas com maior quantidade e diversidade de compostos fenólicos podem ser importantes para conferir o tipo de atividade biológica. Também a valorização de recursos naturais em potenciais aplicações para as indústrias alimentícia e cosmética foi exemplificada com extratos que podem ser ingredientes promissores para aplicações industriais e em oportunidades de inovação.

O recurso a exemplos de compostos bioativos de plantas, com as quais os alunos estão familiarizados, com aplicação prática na resolução de problemas, podem servir como um forte estímulo ao conhecimento, contribuindo para alcançar o sucesso da aprendizagem.

## REFERÊNCIAS

- Abreu, A.C., McBain, A.J., Simões, M. (2012). Plants as sources of new antimicrobials and resistance-modifying agents. *Nat. Prod. Rep.*, 29: 1007–1021.
- Aires, A., Marrinhas, E., Carvalho, R., Dias, C., Saavedra, M. J. (2016). Phytochemical Composition and Antibacterial Activity of Hydroalcoholic Extracts of *Pterospartum tridentatum* and *Mentha pulegium* against *Staphylococcus aureus* Isolates. *BioMed research international*, 2016, 5201879.
- Aires, A., Fernandes, C., Carvalho, R., Bennett, R.N., Saavedra, M.J., Rosa, E.A.S. (2011). Seasonal Effects on Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity of Six Economically Important *Brassica* Vegetables. *Molecules* 16 (8): 6816–6832.
- Borges A, Ferreira C, Saavedra MJ, and Simões M. (2013) Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Microbial Drug Resistance*, 19 (4):256–265.
- Borges, A., Abreu, A.C., Dias, C., Saavedra, M.J., Borges, F., Simões, M. (2016). New Perspectives on the Use of Phytochemicals as an Emergent Strategy to Control Bacterial Infections Including Biofilms. *Molecules*, 21: 877.
- Dias C, Aires A, Bennett R.B, Rosa E., Saavedra M.J (2012). First Study on Antimicrobial Activity and Synergy between Isothiocyanates and Antibiotics Against Selected Gram-Negative and Gram-Positive Pathogenic Bacteria from Clinical and Animal Source. *Medicinal Chemistry*, 8 (3): 474 – 480.
- Cragg, G.M., Newman, D.J. (2013). Natural products: A continuing source of novel drug leads. *Biochim. Biophys. Acta*, 1830: 3670–3695.
- Cueva, C., Mingo, S., Muñoz-González, I., Bustos, I., Requena, T., del Campo, R., Martín Álvarez, P.J., Bartolomé, B., Moreno-Arribas, M.V. (2012). Antibacterial activity of wine phenolic compounds and oenological extracts against potential respiratory pathogens. *Lett. Appl. Microbiol.*, 54: 557–563.
- Dias, C., Aires, A., & Saavedra, M. J. (2014). Antimicrobial activity of isothiocyanates from cruciferous plants against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *International Journal of Molecular Sciences*, 15(11): 19552–19561.
- Freitas E., Aires A., Rosa E.A.D.S., Saavedra M.J. (2013). Antibacterial activity and synergistic effect between watercress extracts, 2-phenylethyl isothiocyanate and antibiotics against 11 isolates of *Escherichia coli* from clinical and animal source. *Letters in Applied Microbiology*, 57(4): 266–273
- Frieri, M., Kumar, K., Boutin, A. (2017). Antibiotic resistance. *Journal of Infection and Public Health*, 10(4): 369–378.
- Habboush, Y., Guzman, N. (2018). Antibiotic Resistance. *StatPearls Publishing*.
- Lammie, S., Hughes, J. (2016). Antimicrobial Resistance, Food Safety, and One Health: The Need for Convergence. *Annual Review of Food Science and Technology*, 7: 287–312.
- Liu, R.H. (2003). Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *Am. J. Clin. Nutr.*, 78: 517S–520S.
- Loureiro, R., Roque, F., Teixeira Rodrigues, A., Herdeiro, M., Ramalheira, E. (2016). O uso de antibióticos e as resistências bacterianas: breves notas sobre a sua evolução. *Revista Portuguesa de Saúde Pública*, 34(1): 77–84.

Martins de Deus, B. (2022). Caracterização química, bioatividade e toxicidade de algumas plantas da Europa: avaliação da aplicabilidade no desenvolvimento de um produto industrial. Tese de Mestrado, Engenharia Química, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal.

Martins de Deus, B.; Fernandes, C.; Molina, A.K.; Xavier, V.; Pires, T.C.S.P.; Mandim, F.; Heleno, S.A.; Finimundy, T.C.; Barros, L. (2023). Chemical Characterization, Bioactivity and Toxicity of European Flora Plant Extracts in Search for Potential Natural Origin Preservatives. *Plants* 2023, 12, 2784.

Othman, S. (2021). Valorisation of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) peel as a source of nutrients and bioactive polyphenols. Master's Dissertation, Biotechnological Engineering, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, Portugal.

Petchiappan, A., Chatterji, D. (2017). Antibiotic Resistance: Current Perspectives. *ACS Omega*, 2(10): 7400–7409.

Qiao, M., Ying, G., Singer, A., Zhu, Y. (2018). Review of antibiotic resistance in China and its environment. *Environment International*, 110: 160–172.

Rodríguez-Vaquero, M.J., Alberto, M.R., Manca de Nadra, M.C. (2007). Antibacterial effect of phenolic compounds from different wines. *Food Control*, 18: 93–101.

Saavedra, M. J., Borges, A., Dias, C., Aires, A., Bennett, R. N., Rosa, E. S., Simões, M. (2010). Antimicrobial activity of phenolics and glucosinolate hydrolysis products and their synergy with streptomycin against pathogenic bacteria. *Med. Chem.*, 6: 174-183.

World Health Organization (WHO). (2014). Antimicrobial resistance: global report on surveillance. WHOint.

World Health Organization (WHO). (2017): OMS publica lista de bactérias para as quais se necessitam novos antibióticos urgentemente – OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde (paho.org) (Acedido em 13/06/2023)

Zenão S., Aires A., Dias C., Saavedra M., Fernandes C. (2017). Antibacterial potential of *Urtica dioica* and *Lavandula angustifolia* extracts against methicillin resistant *Staphylococcus aureus* isolated from diabetic foot ulcers. *Journal of Herbal Medicine*, 10: 1-7.

## SOBRE O ORGANIZADOR

**Manuel Simões** é licenciado em Engenharia Biológica e doutorado em Engenharia Química e Biológica. Atualmente é Professor Associado com Agregação e Pró-Diretor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), e investigador sénior do Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia (LEPABE) do Departamento de Engenharia Química da FEUP. Nos últimos anos esteve envolvido em 10 projetos nacionais (5 como investigador principal) e 6 projetos europeus. Foi membro do comité de gestão da ação COST BACFOODNET (Rede Europeia para Mitigação da Colonização e Persistência Bacteriana em Alimentos e Ambientes de Processamento de Alimentos) e esteve envolvido em outras 2 ações: iPROMEDAI e MUTALIG. Manuel Simões tem mais de 190 artigos publicados em revistas indexadas no Journal of Citation Reports, 4 livros (1 como autor e 3 como editor) e mais de 40 capítulos em livros. Ele é Editor Associado para o jornal Biofouling - The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research (o periódico mais antigo sobre pesquisa em biofilme), Editor Associado para o jornal Frontiers in Microbiology e Section Editor-in-Chief para o jornal Antibiotics. Seus principais interesses de pesquisa estão focados nos mecanismos de formação de biofilme e seu controlo com agentes antimicrobianos, particularmente usando novas moléculas antimicrobianas, e no uso de microalgas para tratamento de efluentes. É um dos investigadores mais citados do mundo (top 1%), tendo sido distinguido nos últimos dois anos no índice Essential Science Indicators, um dos mais prestigiados indicadores da qualidade de investigação.

Identificação SCOPUS: 55608338000; Nº orcid: 0000-0002-3355-4398



## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Aceite 1, 12, 38, 40, 44, 54, 62, 76, 80, 84, 96, 106, 133, 134, 135, 138, 139, 140, 141  
Aceituna 134, 136, 138, 139, 140  
Acné 84, 85, 88, 89, 90, 92, 93, 94, 95  
Aguacate criollo 1, 2, 3, 4, 9, 10  
Aleurona 38, 39, 40, 41, 42, 43  
Anatomía *Tropaeolum tuberosum* 12  
Antibióticos 88, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 103, 104, 105  
Aplicabilidade 96, 103, 105

### B

Bactérias 78, 84, 88, 89, 92, 96, 97, 98, 99, 101, 102, 105  
Begonia 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82  
Bioetanol 63, 64, 65, 68, 73, 74  
Box-Behnken 62, 63, 66, 72, 75  
Brotación 44, 45, 47, 48, 49, 50, 52

### C

Caracterización morfológica y genética 1, 2  
Celulasas 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 72, 73, 74  
Chile habanero 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149  
Compostos-bioativos 96  
Conservación 65, 107, 131, 132, 145  
Cultivares 9, 10, 11, 54, 78

### D

Daños 54, 56, 78  
Deficitario 134, 135, 137, 138, 140  
Dermatitis atópica 84, 85, 86, 87, 88, 93  
Diferencias finitas 142, 145

### E

Ecofisiología 12, 35, 36  
Educação 96

Endospermo 38, 39, 40, 41, 42, 43

## I

Inflamación 84, 85, 86, 87, 88, 91, 92, 93

Invernadero 64, 76, 79, 82, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

## M

Manglares 106, 107, 110, 118, 119, 122, 123, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132

Modelado 141, 142, 144, 145, 147, 148, 149

Monitoreo 106, 107, 108, 109, 112, 116, 120, 122, 126, 131, 132

Mortalidad 107, 109, 113, 114, 116, 118, 119, 122, 125, 126, 129

## N

Nematodo del nudo de la raíz 77

## O

Olivar 133, 134, 135, 139, 140

Optimización 62, 63, 65, 66, 70, 72

## P

Papa 13, 32, 33, 35, 45, 46, 47, 49, 50, 51, 52, 53

Pardeamiento 44, 45, 47, 48, 49, 51, 52

Patrones perineales 76, 77, 80, 81

Pericarpio 38, 39, 40, 41, 42, 142

Piel 84, 85, 86, 87, 88, 90, 92, 93, 144, 145, 146, 147, 148

Psoriasis 84, 85, 90, 91, 92, 93

Punta morada 44, 45, 46, 52, 53

## R

Regeneración 107, 114, 116, 119, 120, 122, 126, 129

Resistência 44, 57, 77, 89, 92, 96, 97, 98, 99, 103, 147, 148

Riego 3, 46, 108, 127, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140

## S

Secado 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149

## T

Trips 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61

*Tropaeolum tuberosum* 12, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 32, 33, 34, 36, 37

## X

Xantonas 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93

## Z

*Zea mays* 39