

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

ENGENHARIA BIOMÉDICA



CLAUDIANE AYRES  
(ORGANIZADORA)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

COLEÇÃO  
**DESAFIOS**  
DAS  
**ENGENHARIAS:**

**ENGENHARIA BIOMÉDICA**



**CLAUDIANE AYRES**  
(ORGANIZADORA)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

iStock

**Edição de Arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-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 Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

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  
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 Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
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  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl 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 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 Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

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

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

#### **Conselho Técnico científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Profª Ma. Adriana Regina Vettorazzi Schmitt – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Andrezza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Carlos Augusto Zilli – Instituto Federal de Santa Catarina  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará

Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Edson Ribeiro de Brito de Almeida Junior – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atílio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Prof. Me. Francisco Sérgio Lopes Vasconcelos Filho – Universidade Federal do Cariri  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramirez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
Profª Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFGA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
Profª Ma. Lilian de Souza – Faculdade de Tecnologia de Itu  
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
Profª Drª Lúvia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Prof. Me. Luiz Renato da Silva Rocha – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos

Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
Prof. Me. Marcos Roberto Gregolin – Agência de Desenvolvimento Regional do Extremo Oeste do Paraná  
Profª Ma. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Dr. Pedro Henrique Abreu Moura – Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Rafael Cunha Ferro – Universidade Anhembi Morumbi  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renan Monteiro do Nascimento – Universidade de Brasília  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Sullivan Pereira Dantas – Prefeitura Municipal de Fortaleza  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Universidade Estadual do Ceará  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

## Coleção desafios das engenharias: engenharia biomédica

**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Claudiane Ayres

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

C691 Coleção desafios das engenharias: engenharia biomédica / Organizadora Claudiane Ayres. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-256-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.569211607>

1. Engenharia biomédica. I. Ayres, Claudiane (Organizadora). II. Título.

CDD 610.28

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](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

## APRESENTAÇÃO

A Engenharia Biomédica envolve a aplicação de princípios e métodos dos diversos ramos da engenharia que levam ao desenvolvimento, criação e adaptação de diversos instrumentos capazes de auxiliar na compreensão, definição, diagnóstico, monitoração, terapia, recuperação, reabilitação e prevenção de diversas afecções que podem comprometer a vida, atuando com inovação e tecnologia voltadas à área da saúde e biologia.

Trata-se de uma área multidisciplinar que associa conhecimentos de química, biologia, física, informática, entre outras diversas.

Pensando em todas as possibilidades e atualizações que envolvem a área das engenharias, a Atena Editora lança a Coleção “DESAFIOS DAS ENGENHARIAS: ENGENHARIA BIOMEDICA”, que traz 07 artigos capazes de fundamentar e evidenciar a importância dessa área de atuação das engenharias, que objetiva o cuidado, manutenção e valorização da vida.

Convido-te a conhecer as diversas possibilidades que envolvem essa área tão inovadora e abrangente.

Aproveite a leitura!

Claudiane Ayres

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

LABOR CONDITIONS OF INFORMAL MINING AND ITS RELATIONSHIP WITH LATUBERCULOSIS AND SILICOSIS SUFFERED BY WORKERS IN THE MINING ZONE OF OTOCA - LUCANAS -AYACUCHO - 2014

Jessenia Leonor Loayza Gutiérrez  
Primitivo Bacilio Hernández Hernández  
Omar Michael Hernández García  
Aníbal Bacilio Hernández García  
Walter Merma Cruz  
Edward Paul Sueros Ticona

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116071>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DA ÁRVORE BRÔNQUICA DO *GRACILINANUS AGILIS*

João Pedro Alves de Araújo  
Mariane Ferracin Martucci Perandr e  
Ana Flávia de Carvalho  
Ricardo Alexandre Rosa  
Celina Almeida Furlanetto Man anares

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116072>

### **CAPÍTULO 3..... 25**

EXTRAÇÃO, IDENTIFICAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DE GENIPINA A PARTIR DOS FRUTOS VERDES DE GENIPA AMERICANA L

Bruna de Freitas Leite  
Rafael Braga da Cunha  
João Emídio da Silva Neto  
José Filipe Bacalhau Rodrigues  
Maria Roberta de Oliveira Pinto  
Solomon Kweku Sagoe Amoah  
Marcus Vinicius Lia Fook

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116073>

### **CAPÍTULO 4..... 34**

PROSPECÇÃO *IN SILICO* DE ENZIMAS DO COMPLEXO LIGNINOCELULOLÍTICO EM *BACILLUS THURINGIENSIS*

Dimitri Sokolowskei  
Edvar Carneiro Silva Junior  
Paulo Roberto Martins Queiroz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116074>

### **CAPÍTULO 5..... 50**

REVISÃO DAS ROTAS DE POLIMERIZAÇÃO DO ÁCIDO LÁCTICO FACTÍVEIS PARA O

PREPARO DE MATERIAIS ÚTEIS PARA APLICAÇÕES EM MEDICINA REGENERATIVA

Aghata Rodrigues Souza

Carolina Cruz Ferreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116075>

**CAPÍTULO 6..... 62**

SUBSTITUTOS TISSULARES APLICADO AO TECIDO ÓSSEO

Luciana Pastena Giorno

Arnaldo Rodrigues Santos Jr

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116076>

**CAPÍTULO 7..... 88**

DETERMINAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE SÍNTESE NA MORFOLOGIA E PUREZA DA HAP OBTIDA VIA REAÇÃO DE COMBUSTÃO

Thaíla Gomes Moreira

Kaline Melo de Souto Viana

Amanda Melissa Damiano Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5692116077>

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 97**

**ÍNDICE REMISSIVO..... 98**

## PROSPECÇÃO *IN SILICO* DE ENZIMAS DO COMPLEXO LIGNINOCELULOLÍTICO EM *BACILLUS THURINGIENSIS*

Data de aceite: 01/07/2021

Data de submissão: 05/05/2021

### Dimitri Sokolowski

Programa de Pós-Graduação em Patologia Molecular, Universidade de Brasília  
Brasília - DF  
<http://lattes.cnpq.br/6130952385155283>

### Edvar Carneiro Silva Junior

Centro Universitário de Brasília  
Brasília - DF  
<http://lattes.cnpq.br/6003910369013056>

### Paulo Roberto Martins Queiroz

Centro Universitário de Brasília  
Brasília - DF  
<http://lattes.cnpq.br/9245644174659431>

**RESUMO:** A busca por novas fontes de energia alternativa avança à medida que a disponibilidade de recursos petróleo dependentes diminuem. Bactérias do gênero *Bacillus spp.* são produtoras de enzimas do complexo ligninocelulolítico e apresentam grande potencial de uso na produção de biocombustíveis. Todavia, algumas espécies do gênero *Bacillus* ainda carecem de maiores investigações para identificar tais enzimas, como é o caso do *Bacillus thuringiensis*. Portanto, o objetivo do presente trabalho é identificar e descrever a presença de enzimas do complexo ligninocelulolítico em *B. thuringiensis*. Os proteomas das bactérias utilizadas no estudo foram coletados no banco de dados NCBI e os dados foram pré-tratados utilizando linguagem

de programação *Python*. Um *script* em VBA foi escrito para semi automatizar a procura das enzimas desejadas nos proteomas das bactérias via interface gráfica *Excel*. Por fim, foi utilizado o programa Clustal Omega para construção de árvore filogenética das espécies/estirpes coletadas. Foram encontrados 4 diferentes tipos de enzimas no proteoma de *B. thuringiensis*: 6-phospho- $\beta$ -glucosidase,  $\alpha$ -glucosidase,  $\alpha$ -amilase e laccase. Ao analisar outras espécies do gênero, foi identificado um maior número e diversidade de enzimas do complexo ligninocelulolítico principalmente em *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. velezensis* e *B. subtilis*. Conclui-se que apesar de *B. thuringiensis* apresentar um potencial na degradação de biomassa, outras espécies do gênero podem ser mais eficientes em aplicações reais. Esses achados podem ampliar o potencial biotecnológico de *B. thuringiensis*, para produção de biocombustíveis, antes restrito à produção de bioinseticidas e plantas resistentes à praga.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Bacillus thuringiensis*; Biocombustíveis; Enzimas; Ligninocelulolítico.

### IN SILICO PROSPECTION OF LIGNOCELLULOLYTIC COMPLEX ENZYMES IN *BACILLUS THURINGIENSIS*

**ABSTRACT:** The search for new alternative energy sources advances as the availability of petroleum dependent resources decreases. Bacteria of *Bacillus spp.* genus are producers of lignocellulolytic complex enzymes and present a great potential in biofuels production. However, some species in the *Bacillus* genus still need further investigations to identify these enzymes,

which is the case of *Bacillus thuringiensis*. Therefore, the objective of this work is to identify and describe the presence of lignocellulolytic complex enzymes in *B. thuringiensis*. The proteomes of the bacterias in this study were collected from the NCBI data bank and the data were pretreated using python programming language. A *script* in VBA was written to semi automate the search for the enzymes of interest in the bacteria's proteome files through *Excel* interface. Lastly, *Clustaw Omega* program was used to generate a phylogenetic tree for the species/lineages collected. Four different enzymes from *B. thuringiensis* proteome were identified: 6-phospho- $\beta$ -glucosidase,  $\alpha$ -glucosidase,  $\alpha$ -amylase and laccase. Analyzing other's species in the genus, it was found a bigger number and a greater diversity of lignocellulolytic complex enzymes, specially in *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. velezensis* and *B. subtilis*. It is concluded that although *B. thuringiensis* has a potential for biomass degradation, other species of the genus may be more efficient in real applications. These findings may expand the biotechnological potential of *B. thuringiensis* to biofuel production, previously restricted to the production of bioinsecticides and plants resistant to pests.

**KEYWORDS:** *Bacillus thuringiensis*; Biofuels; Enzymes; Lignocellulolytic.

## 1 | INTRODUÇÃO

O amplo uso e queima de derivados do petróleo representa grande parte da matriz energética consumida mundialmente. O diesel, por exemplo, é um combustível muito utilizado na movimentação de veículos, seja para transporte ou para aplicações industriais. Tais combustíveis, de fontes não renováveis, possuem esgotamento premeditado para um futuro próximo, podendo colocar em risco grande parte da estrutura energética global (FERREIRA *et al.*, 2014).

A produção e pesquisa de vias energéticas alternativas vêm ganhando notoriedade devido ao potencial de menor produção de gases poluentes e contínuo esgotamento dos combustíveis fósseis (AKIA *et al.*, 2014). Todavia, dificuldades de implantação de matrizes energéticas “verdes” são consideráveis, em parte pelo alto custo da substituição da infraestrutura mundial petróleo-dependente e pelo baixo rendimento energético comparado às fontes fósseis em utilização atualmente (CARNEIRO *et al.*, 2017).

As biomassas são, potencialmente, todas e quaisquer formas de matéria orgânica capazes de serem convertidas em energia (BRACMORT, 2013). Devido a abundância de biomassas na natureza e nas formas artificialmente produzidas, a partir de resíduos de colheita, desperdício alimentar ou resíduos sólidos de esgoto, as biomassas tornaram-se uma fonte viável e importante para produção de energia pela conversão das biomassas em biocombustíveis de segunda geração (TUCK *et al.*, 2012).

As matrizes estruturais básicas das paredes celulares das biomassas são muito similares, apesar da proporção de cada componente variar dependendo da origem e do tipo de substrato orgânico (STEFANIDIS *et al.*, 2013). Três principais componentes formam a biomassa: celulose, hemicelulose e lignina. O entendimento da organização e composição primordial das biomassas lignocelulolíticas são essenciais para o desenho de métodos de

degradação e reaproveitamento eficazes e inteligentes, e influenciam o grau de degradação de biomassas (JIMENEZ-FLORES *et al.*, 2010; CHEN, 2014).

A descoberta de enzimas em microrganismos capazes de degradar biomassa possibilitou a aplicação de agentes biológicos no pré-tratamento da biomassa e consiste numa abordagem promissora na produção de biocombustíveis (AGBOR *et al.*, 2011). Alguns fungos, por exemplo, são excelentes produtores de celulases e enzimas degradadoras de lignina, mas diversas bactérias produtoras de enzimas do complexo ligninocelulolítico já foram descritas na literatura e são importantes focos de estudo (MAKI; LEUNG; QIN, 2009).

O gênero *Bacillus spp.* é constituído por bactérias, em sua maioria, gram-positivas, aeróbicas e formadoras de esporos que podem garantir grande resistência e longa vida destes microrganismos em ambientes hostis. Esses microrganismos são encontrados em abundância na natureza como no solo, vegetação, águas, alimentos, insetos e, em determinadas situações, em seres humanos (FANGIO; ROURA; FRITZ, 2010).

Dentro desse contexto, várias espécies de bactérias do gênero *Bacillus spp.* foram descritas como produtoras de enzimas ligninocelulolíticas (RASTOGI *et al.*, 2010). Alguns membros, no entanto, ainda carecem de investigações mais aprofundadas a respeito do seu potencial enzimático quanto à degradação de biomassa, como é o caso do *Bacillus thuringiensis* (Bt). O estudo dessa bactéria específica em busca de enzimas do complexo ligninocelulolítico poderia, não somente ampliar o número de bactérias descritas com potencial degradador de biomassa, mas também expandir as propriedades biotecnológicas já descritas nesse microrganismo (SANAHUJA *et al.*, 2011).

Com isso, o objetivo do presente trabalho foi identificar e descrever a presença de enzimas do complexo em *B. thuringiensis*.

## 2 | METODOLOGIA

### 2.1 Coleta dos dados

Os dados utilizados para realização do presente trabalho foram coletados do banco de dados *Assembly* administrado pelo NCBI (do inglês, *National Center for Biotechnology Information*). Essa base de dados provê informações básicas a respeito de genomas montados e proteomas elucidados de diferentes organismos. Após o *download* dos proteomas das bactérias desejadas, os arquivos foram convertidos do formato *.faa* para *.txt*.

### 2.2 Tratamento de dados

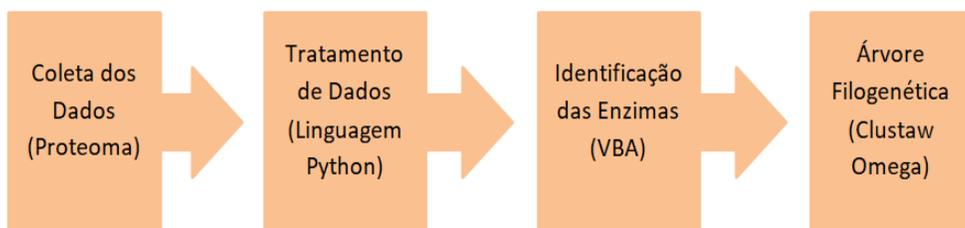
O grande volume de dados obtidos requisitou um pré-tratamento básico. Foi utilizado um *script* em linguagem python (versão 3.6.9) utilizando o IDE (do inglês, *Integrated Development Environment*) Atom (versão 1.50), para conversão e formatação dos arquivos dos proteomas completos em outros arquivos *.txt* separados e menores.

## 2.3 Identificação de enzimas

Para busca das enzimas desejadas no proteoma das estirpes de cada espécie, foi escrito um *script* em VBA (do inglês, *Visual Basic Applications*) que possibilitou a automatização da procura das enzimas nos arquivos dos proteomas via interface gráfica Excel. A procura das enzimas desejadas se deu pela inserção dos nomes das enzimas, em inglês, no programa, descritas pela literatura e associadas a degradação de biomassa (JORGENSEN; KRISTENSEN; FELBY, 2007; SAINI; SAINI; TEWARI, 2015; GONG *et al.*, 2017; CHEN *et al.*, 2018). As enzimas que, eventualmente, possam ter sido selecionadas, mas que não tenham correlação ao propósito da pesquisa foram excluídas.

## 2.4 Construção da Árvore Filogenética

Por fim, a inferência de similaridade entre as diferentes espécies e estirpes coletadas foi realizada pelo programa Clustal Omega (SIEVERS *et al.*, 2011) utilizando o gene *gyrA*. A partir da árvore filogenética construída pôde-se propor relação evolutiva e de semelhança entre as espécies e estirpes estudadas. O **fluxograma 1** esquematiza as etapas do trabalho.



Fluxograma 1. Metodologia de trabalho.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram coletadas nove diferentes espécies de *Bacillus* e para cada espécie foram estudadas três estirpes cada, resultando na coleta total de vinte e sete proteomas diferentes. Na **tabela 1** encontra-se a relação das espécies analisadas e suas respectivas estirpes.

Espécie de <i>Bacillus</i> spp.	Estirpe 1	Estirpe 2	Estirpe 3
<i>B. amyloliquefaciens</i>	FS1092	KC41	Y2
<i>B. anthracis</i>	2000013094	2000031021	AFS072084
<i>B. cereus</i>	ATCC14579	MLY1	SB1
<i>B. licheniformis</i>	BL1202	DSM13	SCDB34
<i>B. megaterium</i>	AFS057444	ATCC14581	M4
<i>B. pumilus</i>	145	SH-B9	SH-B11
<i>B. subtilis</i>	168	MB9_01	PY79
<i>B. thuringiensis</i>	ATCC35646	ATCC 10972	C15
<i>B. velezensis</i>	9912D	CBMB205	FZB42

Tabela 1. Relação de espécies e estirpes coletadas para estudo.

Em todas as espécies e estirpes, investigadas no presente trabalho, foram encontradas enzimas descritas na literatura com potencial de degradação de biomassa (JORGENSEN; KRISTENSEN; FELBY, 2007). A produção de enzimas ligninocelulolíticas por *Bacillus* não é novidade. Estudos conduzidos por Jones e colaboradores (2012) permitiram a identificação de complexos multienzimáticos em *B. subtilis* capazes de degradar xilana, um importante componente da hemicelulose de biomassas. Ainda, a identificação de novas enzimas, como endo-1,4- $\beta$ -xilânase, em *B. amyloliquefaciens* propicia novas aplicações desse microrganismo na sacarificação de grãos de interesse na produção de biocombustíveis (AMORE *et al.*, 2015).

Apesar da grande relevância biotecnológica de *B. thuringiensis* na produção de bioinseticidas e desenvolvimento de plantas resistentes a pragas (SANAHUJA *et al.*, 2011), seu potencial na produção de enzimas ligninocelulolíticas ainda não é totalmente conhecido. Lin e colaboradores (2012) reportaram a produção de celulases de *B. thuringiensis* com potencial hidrolítico contra carboximetil celulose (CMC). Apesar disso, a identificação e caracterização estrutural das enzimas não foi realizada. As análises de bioinformática conduzidas no presente estudo identificaram no total quatro classes distintas de enzimas em *B. thuringiensis* capazes de degradar biomassa. São essas: 6-fosfo- $\alpha$ -glicosidase,  $\alpha$ -glicosidase,  $\alpha$ -amilase e lacase (tabela 2).

Enzimas identificadas	<i>B. thuringiensis</i>		
	ATCC 35646	ATCC 10972	C15
6-phospho- $\beta$ -glicosidase	O	O	O
$\alpha$ -glicosidase	X	O	O
$\alpha$ -amilase	O	O	O
laccase	X	O	O

Tabela 2. Enzimas presentes no proteoma de diferentes estirpes de *B. thuringiensis*. O - Enzimas encontradas, X - Enzimas não encontradas.

As  $\alpha$ -amilases, assim como,  $\alpha$ -glicosidases, são consideradas enzimas degradadoras de amido (MARQUES *et al.*, 2018). As macromoléculas de amido são polímeros de carboidratos de plantas que atuam como reservas de carboidratos e são formados por monômeros de açúcar conectados por ligações  $\alpha$ -1,4-glicosídicas e ramificados por ligações  $\alpha$ -1,6-glicosídicas (BERTOFT, 2017). A grande abundância de açúcares presentes no amido, o faz um substrato viável e factível para fermentação e possivelmente para produção de biocombustíveis (MARQUES *et al.*, 2018).

O uso de  $\alpha$ -amilases de microrganismos para degradação de amido já foi amplamente descrito na literatura, sendo essa enzima responsável pela hidrólise das ligações  $\alpha$ -1,4-glicosídicas liberando produtos como glicose e maltose, açúcares esses importantes para processo de sacarificação e para produção de biocombustíveis (RUIZ *et al.*, 2011). As  $\alpha$ -glicosidases promovem o rompimento tanto das ligações  $\alpha$ -1,4-glicosídicas quanto  $\alpha$ -1,6-glicosídicas dos açúcares não redutores do amido para produção de glicose (HII *et al.*, 2012). Ainda, as enzimas da família glicosil hidrolases (GH4), na qual a 6-fosfo-glicosidase incluem-se, também são relacionadas a ruptura de ligações Beta de dissacarídeos naturalmente fosforilados (YIP; WITHERS, 2004). As lacases são enzimas polifenoloxidasas capazes de promover a oxidação de componentes aromáticos de substratos orgânicos, tendo como oxigênio o aceptor de elétrons final (MADHAVI; LELE, 2009).

Após a identificação das classes enzimáticas encontradas no proteoma de *B. thuringiensis* foram investigadas a quantidade total de enzimas ligninocelulolíticas. O *script* desenvolvido identificou no total 17 enzimas, produzidas pelas 3 estirpes coletadas, onde destas, sete são  $\alpha$ -amilases, quatro são  $\alpha$ -glicosidases, quatro 6-fosfo- $\beta$ -glicosidase e duas lacases. Não houve diferenças significativas quanto ao total produzido por cada estirpe. No entanto, a estirpe ATCC 10972 possui uma  $\alpha$ -amilase a mais que as demais, e a ATCC 35646 apresenta uma 6-fosfo- $\beta$ -glicosidase adicional (**gráfico 1**).

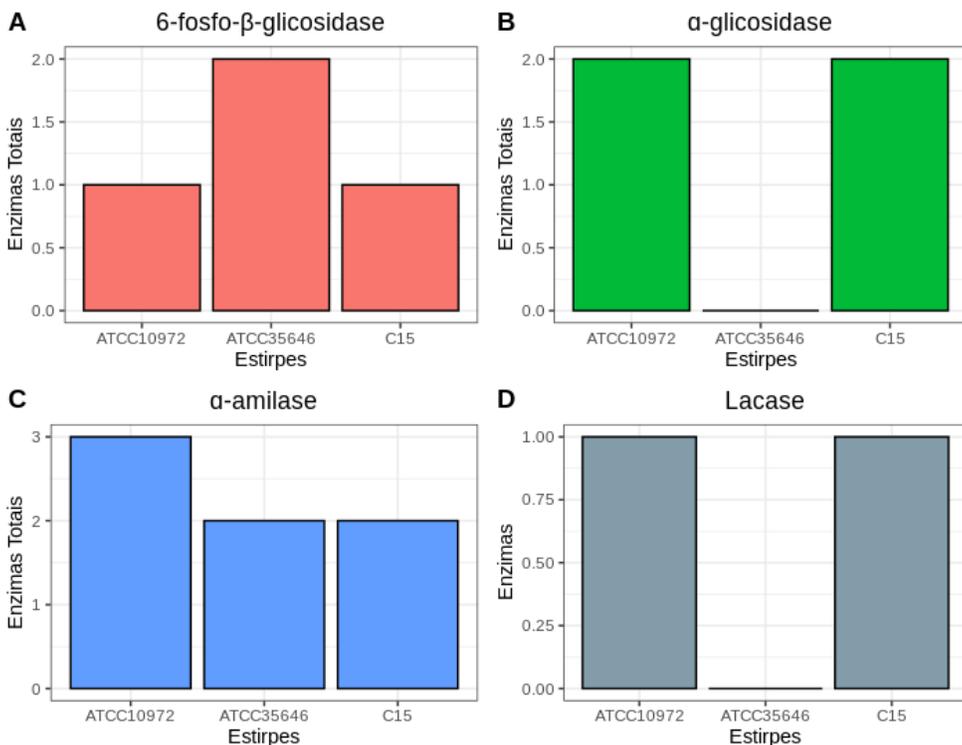


Gráfico 1. **(A)** Número total de 6-fosfo-β-glicosidase nas diferentes estirpes de *B. thuringiensis*. **(B)** Número total de α-glicosidase nas diferentes estirpes de *B. thuringiensis*. **(C)** Número total de α-amilase nas diferentes estirpes de *B. thuringiensis*. **(D)** Número total de Lacase nas diferentes estirpes de *B. thuringiensis*.

Devido a sua complexidade e abundância de polímeros aromáticos, oriundas da polimerização de monolignóis, a lignina é uma fração da biomassa muito suscetível a ação das lacases (VANHOLME *et al.*, 2010; RALPH; LAPIERRE; BOERJAN, 2019). A identificação de lacases em diferentes membros do gênero *Bacillus* já foram muito bem descritas na literatura (SONDHI *et al.*, 2014; RAJESWARI; BHUWANESVARI, 2016). No entanto, apesar das descrições de lacases em *B. thuringiensis* não serem consideráveis, Olukanni e colaboradores (2013) indicaram a possível produção de lacases em *B. thuringiensis* estirpe RUN1 e seu envolvimento na degradação de corantes industriais.

A avaliação do potencial total de degradação de biomassa em *B. thuringiensis* é difícil principalmente pela falta de dados e estudos na literatura. O número considerável de α-amilases pode indicar capacidade considerável na degradação de substratos de amido. Um estudo conduzido por Bozic e colaboradores (2011) identificou uma α-amilase termoestável altamente eficiente na degradação de amido bruto em *B. licheniformis*. A eficácia das α-amilases, quanto à degradação de biomassa, de *B. thuringiensis* ainda deve, no entanto, ser avaliada. A presença de lacases em *B. thuringiensis* amplia o potencial da

bactéria em processos de deslignificação (ROTH; SPIESS, 2015), podendo favorecer a produção de monômeros de açúcar de biomassa total, e amplia o potencial biotecnológico da bactéria na degradação de poluentes e descoloração de rejeitos industriais (GUAN *et al.*, 2018)

A identificação das enzimas do complexo ligninocelulolítico nas várias espécies de *Bacillus* identificou uma grande diversidade entre as espécies (**Tabela 3**). As espécies *B. amyloliquefaciens*, *B. velezensis*, *B. subtilis*, *B. licheniformis* e *B. pumilus* foram as espécies nas quais foram identificadas a maior diversidade enzimática. As enzimas mais comumente encontradas entre as espécies incluem: 6-fosfo- $\beta$ -glicosidase,  $\alpha$ -glicosidase,  $\alpha$ -amilase, lacase, sacarose-6-fosfato hidrolase e pectato liase. A enzima lacase foi encontrada em todas as espécies estudadas, indicando um alto grau de conservação no gênero.

A grande abundância de distintas espécies de *Bacillus* encontradas nos mais diversos ambientes é um indicativo da heterogeneidade e diversidade do gênero (OGUNTOYINBO, 2007; CIHAN *et al.*, 2012). A construção da árvore filogenética, com os dados coletados, apontou uma elevada proximidade evolutiva entre as espécies *B. cereus*, *B. thuringiensis* e *B. anthracis*. Essa proximidade era esperada, pois tais bactérias são membros do grupo *B. cereus* apresentando entre 99.5% e 100% de similaridade genética, muitas vezes sendo necessários outros métodos de análise para diferenciação (PORWAL *et al.*, 2009). Ademais, as demais espécies e suas respectivas estirpes permaneceram próximas entre si.

Enzimas	Espécies de <i>Bacillus</i>								
	Amyloque-faciens	An-thacis	Ce-reus	Licheni-formis	Megate-rium	Pu-milus	Subiti-lis	Thurin-giensis	Velezen-sis
endoglucanase	X	X	X	O	X	O	X	X	X
$\beta$ -glucanase	X	X	X	X	X	X	O	X	X
glucohydrolase	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6-phospho- $\alpha$ -glucosidase	O	X	X	O	X	O	O	X	O
6-phospho- $\beta$ -glucosidase	O	O	O	O	O	O	O	O	O
$\alpha$ -glucosidase	O	O	O	O	O	O	O	O	O
aryl-phospho- $\beta$ -D-glucosidase	X	X	X	X	X	X	O	X	X
$\alpha$ -amylase	X	O	O	O	O	X	O	O	X
glycoside hydrolase 43 family	O	X	X	O	X	O	O	X	O
arabinoxylan	X	X	X	X	X	X	X	X	X
arabinofuranohydrolase	X	X	X	X	X	X	O	X	X
glucuronoxylanase	O	X	X	X	X	O	X	X	O
arabinan endo-1,5- $\alpha$ -L-arabinosidase	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Endo- $\alpha$ -(1-5)-L-arabinanase	X	X	X	X	X	X	X	X	X
$\alpha$ -N-arabinofuranoside	X	X	X	X	X	O	X	X	X
$\beta$ -mannosidase	O	X	X	O	X	X	O	X	O
endo-1,4- $\beta$ -galactanase	X	X	X	O	X	X	O	X	X
6-phospho- $\beta$ -galactosidase	O	X	X	X	X	X	X	X	X
laccase	O	O	O	O	O	O	O	O	O
sucrose-6-phosphate hydrolase	O	X	X	O	O	O	O	X	O
pectate lyase	O	X	X	O	X	O	O	X	O
endo-1,4-beta-xylanase	O	X	X	X	X	X	O	X	O
alpha-N-arabinofuranosidase	O	X	X	O	X	X	O	X	O
acetylxyylan esterase	O	X	X	X	X	O	O	X	O

Tabela 3. Enzimas presentes no proteoma das estirpes de espécies de *Bacillus*. **O** - Enzimas encontradas, **X** - Enzimas não encontradas.

A **figura 1** mostra a relação filogenética das espécies e estirpes estudadas. A maior parte das espécies e suas respectivas estirpes são mais próximas entre si do que das demais. A grande proximidade entre *B. cereus*, *B. thuringiensis* e *B. anthracis* é evidente.

O uso do gene *gyrB* para construção da árvore filogenética foi preferido em relação ao gene 16S. Isso se deu pela baixa taxa de mutação evolutiva do gene 16S, podendo acarretar dificuldades na classificação e discriminação de espécies similares (NICHOLSON *et al*, 2009; TAKEDA *et al.*, 2010). Também presentes universalmente em espécies de bactérias gram negativas e positivas, o gene *gyrB* torna-se um alvo importante para condução eficiente de estudos taxonômicos em bactérias (TAKEDA *et al.*, 2010).

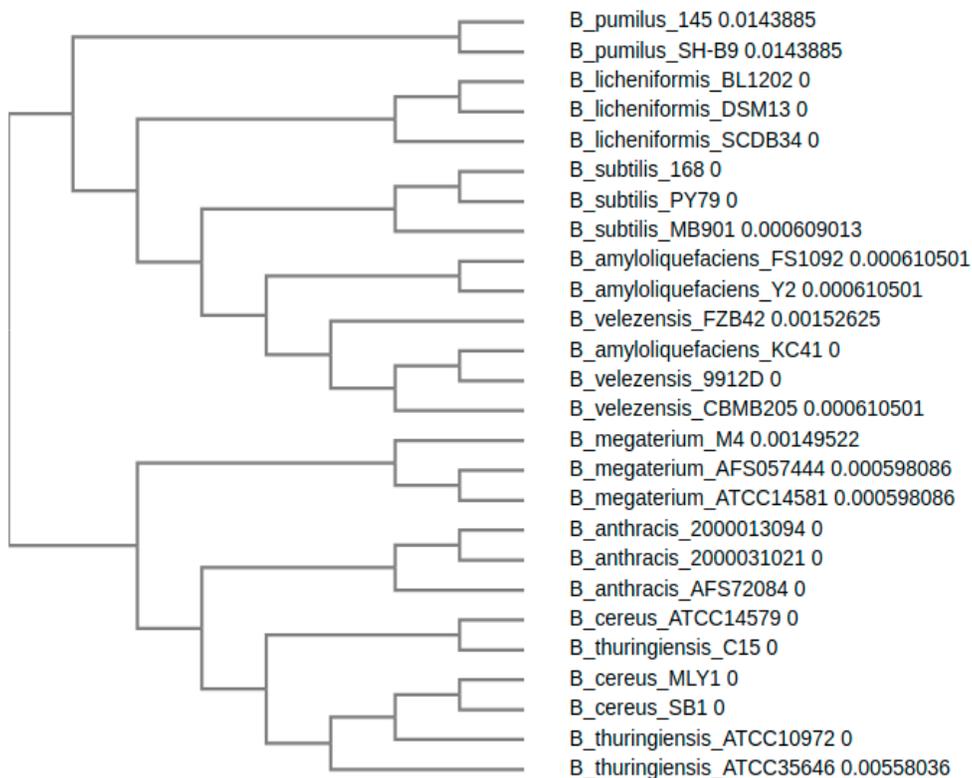


Figura 1. Árvore filogenética das espécies e suas respectivas estirpes coletadas.

Ao comparar as enzimas produzidas entre *B. anthracis*, *B. cereus* e *B. thuringiensis* pode-se observar que ambas as espécies produzem as mesmas classes de enzimas lignocelulolíticas, um potencial similar, senão idêntico na degradação de biomassa (**tabela 3**). Se esses membros do gênero são uma única espécie e cada espécie na realidade é uma variante, ainda há de ser esclarecido (RASKO *et al.*, 2005; PATINO-NAVARRETE; SANCHIS, 2017). Esse achado, todavia, é interessante pois mostra que mesmo bactérias, como *B. anthracis* e *B. cereus*, relacionadas a doenças em humanos e animais (BOTTONE, 2010; CARDOSO; VIEIRA, 2015), podem ser fontes de enzimas de potencial biotecnológico.

A investigação de enzimas do complexo ligninocelulolítico em outras espécies do gênero *Bacillus* também foi conduzida, tendo como objetivo avaliar e comparar a produção das enzimas de interesse em relação ao Bt. Comparativamente ao *B. anthracis*, *B. cereus* e *B. thuringiensis*, os demais membros apresentaram uma quantidade e variabilidade consideravelmente maior de enzimas do complexo ligninocelulolítico. No entanto, enzimas como 6-fosfo-glicosidase,  $\alpha$ -glicosidase,  $\alpha$ -amilase e lacase foram encontradas em todas as espécies e praticamente todas as estirpes, indicando que essas enzimas são conservadas entre o gênero. Provavelmente, a abundância de biomassa nos habitats naturais dos

*Bacillus* pode ter impulsionado a manutenção de enzimas eficientes na degradação de plantas e extratos vegetais ao longo da história evolutiva do gênero.

A enzima mais presente, em número total, nas espécies estudadas, e em suas respectivas estirpes, apontam a  $\alpha$ -glicosidase como a mais comum e frequente dentro do gênero, seguida pelas pectato liase e lacase. No entanto, outras enzimas como  $\alpha$ -amilase e hidrolases da família 43 também são abundantes, como mostrado pelo **gráfico 2**.

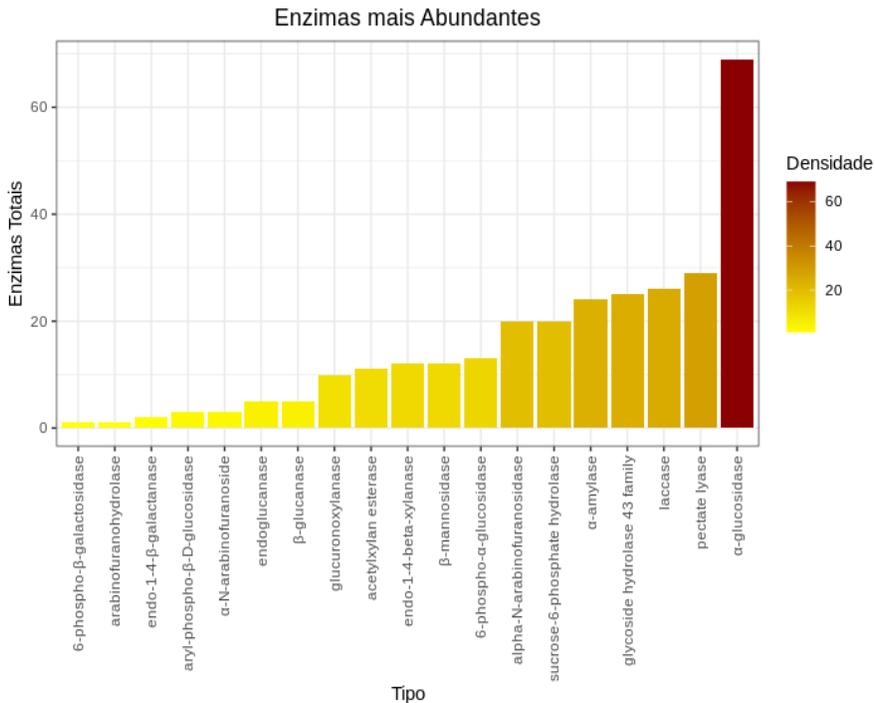


Gráfico 2. Enzimas mais presentes em todas as espécies do gênero *Bacillus* spp.

Esses dados corroboram com a literatura. Enzimas lignocelulolíticas já foram descritas em *B. pumilus* (ARIFFIN *et al*, 2006), *B. licheniformis* (VAN DYK *et al*, 2009), *B. subtilis* (RAWAT; TEWARI, 2012) etc. Tais resultados mostram que o gênero *Bacillus*, em sua totalidade, possui potencial biotecnológico na degradação de biomassa. Ainda, apesar do Bt apresentar enzimas relevantes, essa espécie em particular provavelmente não é a mais promissora no uso biotecnológico na produção de biocombustíveis, tendo representantes como *B. amyloliquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. velezensis* e *B. subtilis* com potencial muito maior. Isso pode explicar, em parte, o motivo de estudos sobre *B. thuringiensis* serem escassos quanto à capacidade enzimática da bactéria, e investigações em outras bactérias do gênero *Bacillus* serem mais abundantes e promissoras.

O **gráfico 3** aponta o número total de enzimas do complexo lignocelulolítico

produzidos por cada espécie e suas estirpes, indicando o possível potencial biotecnológico quanto à degradação de biomassa. As espécies *B. subtilis*, *B. amyloquefaciens* e *B. velezensis* apresentam o maior número total de enzimas, sendo as estirpes PY79 e MB901, Y2 e FZB42 mais promissoras na degradação de biomassa para cada espécie, respectivamente.

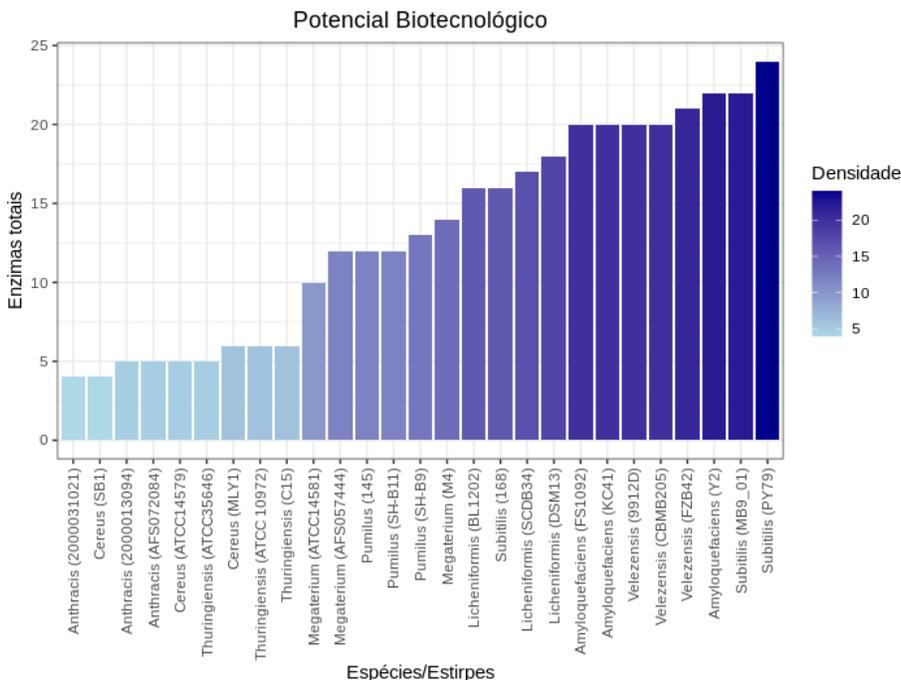


Gráfico 3. Espécies com o maior número de enzimas ligninolulíticas do gênero *Bacillus* spp.

E, por fim, comparando a identificação das espécies usando-se o gene da girase A e o espectro de produção de enzimas foi possível observar a separação das espécies em dois grupos. Um grupo, constituído pelas espécies *B. anthracis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. pumilus* e *B. thuringiensis*. Nesse grupo estão as espécies nas quais foram encontradas as menores quantidades totais de enzimas do complexo ligninolulítico. Já no outro grupo composto pelas espécies *B. amyloquefaciens*, *B. licheniformis*, *B. subtilis* e *B. velezensis* foram encontradas as espécies com a maior quantidade de enzimas de interesse.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se, com o presente trabalho, que *B. thuringiensis* é uma bactéria potencialmente capaz de degradar biomassa, podendo, portanto, ser usada como agente biológico na produção de biocombustíveis. Todavia, se as enzimas sintetizadas pelas suas

respectivas estirpes são capazes de promover uma degradação eficiente, ainda deverá ser melhor avaliado em próximos estudos. Apesar de produzir enzimas do complexo lignocelulolítico, *B. thuringiensis* possui uma diversidade e quantidade total de enzimas muito menor que outros membros do gênero, não sendo provavelmente a “primeira escolha” em possíveis aplicações reais. Finalmente, a identificação dessas enzimas propicia a ampliação do potencial biotecnológico da bactéria, não somente para combate de insetos e pragas, mas na produção de biocombustíveis de 2º geração, além de implicações possíveis no tratamento de rejeitos industriais e até mesmo no combate à poluição gerado por resíduos lignocelulolíticos.

## REFERÊNCIAS

- AGBOR, V.B. *et al.* Biomass pretreatment: Fundamentals toward application. **Biotechnology Advances**, Oxford, v. 29, n. 6, p. 675-685, dez, 2011.
- AKIA, M. *et al.* A review on conversion of biomass to biofuel by nanocatalysts. **Biofuel Research Journal**, v. 1, n. 1, p. 16-25, jan. 2014.
- AMORE, A. *et al.* Application of a new xylanase activity from *Bacillus amyloliquefaciens* XR44A in brewer's spent grain saccharification. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, Oxford, v. 90, n. 3, p. 573-581, mar. 2015.
- ARIFFIN, H. *et al.* PRODUCTION AND CHARACTERISATION OF CELLULASE BY *BACILLUS PUMILUS* EB3. **International Journal of Engineering and Technology**, Gurdapur, v. 3, n. 1, p. 47-53, jan. 2006.
- BERTOFT, E. Understanding Starch Structure: Recent Progress. **Agronomy**, Basel, v. 7, n. 3, p. 1-29, ago. 2017.
- BOTTONE, E. *Bacillus cereus*, a Volatile Human Pathogen. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, v. 23, n. 2, p. 382-398, abr. 2010.
- BOZIC, N. *et al.* Production and properties of the highly efficient raw starch digesting  $\alpha$ -amylase from a *Bacillus licheniformis* ATCC 9945a. **Biochemical Engineering Journal**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 203-209, jan. 2011.
- BRACMORT, K. Biomass: Comparison of Definitions in Legislation. **Congressional Research Service**, nov. 2013.
- CARDOSO, T.B.O.; VIEIRA, D.N. *Bacillus anthracis* como ameaça terrorista. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 107, p. 1138-1148, dez. 2015.
- CARNEIRO, M.L.N.M. *et al.* Potential of biofuels from algae: Comparison with fossil fuels, ethanol and biodiesel in Europe and Brazil through life cycle assessment (LCA). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 73, p. 632-653, jun. 2017.
- CHEN, H. *Biotechnology of Lignocellulose: Theory and Practice*. Londres: Springer, 2014.

CHEN, L. *et al.* Comparative genome analysis of *Bacillus velezensis* reveals a potential for degrading lignocellulosic biomass. **3 Biotech**, Berlin, v. 8, n. 5, p. 253 (1-5), maio. 2018.

CIHAN, A.C. *et al.* The genetic diversity of genus *Bacillus* and the related genera revealed by 16s rRNA gene sequences and ardra analyses isolated from geothermal regions of turkey. **Brazilian Journal of Microbiology**, Rio de Janeiro, v. 43, p. 309-324, jan. 2012.

FANGIO, M.F.; ROURA, S.I.; FRITZ, R. Isolation and identification of *Bacillus* spp. and related genera from different starchy foods. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 75, n. 4, p. 218-221, maio. 2010.

FERREIRA, R.B. *et al.* TENDÊNCIAS NA LITERATURA CIENTÍFICA GLOBAL SOBRE O BIODIESEL: UMA ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 2, p. 547-554, out. 2014.

GONG, G. *et al.* Complete genome sequence of *Bacillus* sp. 275, producing extracellular cellulolytic, xylanolytic and ligninolytic enzymes. **Journal of Biotechnology**, Amsterdam, v. 254, p. 59-62, jul. 2017.

GUAN, Z.B. *et al.* Bacterial laccases: promising biological green tools for industrial applications. **Cellular and Molecular Life Sciences**, Basel, v. 75, n. 19, p. 3569-3592, out. 2018.

HII, S.L. *et al.* Pullulanase: Role in Starch Hydrolysis and Potential Industrial Applications. **Enzyme Research**, London, v. 2012, n. 921362, set. 2012.

JIMENEZ-FLORES, R. *et al.* A novel method for evaluating the release of fermentable sugars from cellulosic biomass. **Enzyme and Microbial Technology**, Guildford, v. 47, n. 5, p. 206-11, out. 2010.

JONES, S.M.; VAN DYK, S.; PLETSCHKE, B.I. BACILLUS SUBTILIS SJ01 PRODUCES HEMICELLULOSE DEGRADING MULTI-ENZYME COMPLEXES. **BioResources**, Raleigh, v. 7, p. 1294-1309, jan. 2012.

JORGENSEN, H.; KRISTENSEN, J.B.; FELBY, C. Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: challenges and opportunities. **Biofuels, Bioproducts & Biorefining**, Chichester, v. 1, n. 2, p. 119-134, jun. 2007.

LIN, L. *et al.* Characterization of extracellular cellulose-degrading enzymes from *Bacillus thuringiensis* strains. **Electronic Journal of Biotechnology**, Valparaiso, v. 15, n. 3, p. 1-7, maio. 2012.

MADHAVI, V.; LELE, S.S. laccase: properties and applications. **BioResources**, Raleigh, v. 4, n. 4, p. 1694-1717, ago. 2009.

MAKI, M.; LEUNG, K.T.; QIN, W. The prospects of cellulase-producing bacteria for the bioconversion of lignocellulosic biomass. **International Journal of Biological Sciences**, Lake Heaven, v. 5, n. 5, p. 500-516, jul. 2009.

MARQUES, S. *et al.* **Biomass and Green Chemistry: Building a Renewable Pathway**. Londres: Springer, 2018

NICHO, Z. *et al.* Comparison of 16S rRNA, 23S rRNA and gyrB genes sequences in phylogenetic relationships of *Shigella* isolates from Iran. **Annals of Microbiology**, Milano, v. 59, n. 3, p. 615-622, ago. 2009.

OGUNTOYINBO, F.A. *et al.* Monitoring of marine *Bacillus* diversity among the bacteria community of sea water. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 6, n. 2, p. 163-166, jan. 2007.

OLUKANNI, O.D. *et al.* Biodegradation of Malachite Green by Extracellular Laccase Producing *Bacillus thuringiensis* RUN1. **Journal of Basic & Applied Sciences**, Karachi, v. 9, p. 543-549, set. 2013.

PATINO-NAVARRETE, R.; SANCHIS, V. Evolutionary processes and environmental factors underlying the genetic diversity and lifestyles of *Bacillus cereus* group bacteria. **Research Microbiology**, Amsterdam, v. 168, n. 4, p. 309-318, maio. 2017.

PORWAL, S. *et al.* Phylogeny in aid of the present and novel microbial lineages: diversity in *Bacillus*. **PLoS One**, São Francisco, v. 4, n. 2, p. e4438, fev. 2009.

RAJESWARI, M.; BHUVANESWARI, V. Production of extracellular laccase from the newly isolated *Bacillus* sp. PK4. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 15, n. 34, p. 1813-1826, ago. 2016.

RALPH, J.; LAPIERRE, C.; BOERJAN, W. Lignin Structure and its Engineering. **Current Opinion in Biotechnology**, London, v. 59, p. 240-249, abr. 2019.

RASKO, D.A. *et al.* Genomics of the *Bacillus cereus* group of organisms. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 29, n. 2, p. 303-329, abr. 2005.

RASTOGI, G. *et al.* Characterization of thermostable cellulases produced by *Bacillus* and *Geobacillus* strains. **Bioresource technology**, Barking, v. 101, n. 22, p. 8798-8806, nov. 2010.

RAWAT, R.; TEWARI, L. Purification and characterization of an acidothermophilic cellulase enzyme produced by *Bacillus subtilis* strain LFS3. **Extremophiles: life under extreme conditions**, Berlin, v. 16, n. 4, p. 637-644, jul. 2012.

ROTH, S.; SPIESS, A.C. Laccases for biorefinery applications: a critical review on challenges and perspectives. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, Berlin, v. 38, n. 12, p. 2285-2313, dez. 2015.

RUIZ, M.I. *et al.* Enzymatic hydrolysis of cassava starch for production of bioethanol with a colombian wild yeast strain. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 22, n. 12, p. 2337-2343, dez. 2011.

SAINI, J.K.; SAINI, R.; TEWARI, L. Lignocellulosic agriculture wastes as biomass feedstocks for second-generation bioethanol production: concepts and recent developments. **3 Biotech**, Berlin, v. 5, n. 4, p. 337-353, ago. 2015.

SANAHUJA, G. *et al.* *Bacillus thuringiensis*: a century of research, development and commercial applications. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v. 9, n. 3, p. 283-300, abr. 2011.

SIEVERS, F. *et al.* Fast, scalable generation of high-quality protein multiple sequence alignments using Clustal Omega. **Molecular Systems Biology**, London, v. 7, n. 539, out. 2011.

SONDHI, S. *et al.* Purification and Characterization of an Extracellular, Thermo-Alkali-Stable, Metal Tolerant Laccase from *Bacillus tequilensis* SN4. **PLoS One**, San Francisco, v. 9, n. 5, p. e96951, maio. 2014.

STEFANIDIS, S.D. *et al.* A study of lignocellulosic biomass pyrolysis via the pyrolysis of cellulose, hemicellulose and lignin. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis**, Amsterdam, v. 105, p. 143-150, jan. 2014.

TAKEDA, K. *et al.* Phylogenetic studies of *Nocardia* species based on *gyrB* gene analyses. **Journal of Medical Microbiology**, Edinburgh, v. 59, n. 2, p. 165-171, fev. 2010.

TUCK, C.O. *et al.* Valorization of Biomass: Deriving More Value from Waste. **Science**, Nova Iorque, v. 337, n. 6095, p. 695-699, ago. 2012.

VAN DYK, J.S. *et al.* The cellulolytic and hemi-cellulolytic system of *Bacillus licheniformis* SVD1 and the evidence for production of a large multi-enzyme complex. **Enzyme and Microbial Technology**, Guildford, v. 45, n. 5, p. 372-378, nov. 2009.

VANHOLME, R. *et al.* Lignin Biosynthesis and Structure. **Plant Physiology**, Painesville, v. 153, n. 3, p. 895-905, jul. 2010.

YIP, V.L.Y.; WITHERS, S.G. Nature's many mechanisms for the degradation of oligosaccharides. **Organic & biomolecular chemistry**, Cambridge, v. 2, n. 19, p. 2707-2713, out. 2004.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**CLAUDIANE AYRES** - Possui graduação em Fisioterapia pelo Centro de Ensino Superior de Campos Gerais (2012). Recebeu diploma de mérito acadêmico, conquistando o primeiro lugar geral da turma de formandos 2012, do curso de Fisioterapia do Centro Superior do Campos Gerais- CESCAGE. Mestre em Ciências Biomédicas - UEPG (2016-2018) Pós-graduada em Fisioterapia Dermatofuncional CESCAGE (2012-2013). Pós- graduada em Gerontologia-UEPG (2017-2018); Pós- graduada em Fisioterapia Cardiovascular (2017-2018); Tem experiência nas áreas de fisioterapia em de Fisioterapia em UTI (Geral, coronariana e neonatal); Fisioterapia Hospitalar, Fisioterapia em DTM e orofacial; Fisioterapia em Saúde do Idoso; Atuou como docente do curso técnico em estética do CESCAGE-2013; Atuou na área de fisioterapia hospitalar e intensivismo (UTI Geral e coronariana)- 2016- 2018; Atualmente, atua como docente em cursos profissionalizantes de estética facial, corporal e massoterapia na Ideale Cursos; Atua também como docente do curso de Fisioterapia do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE. Atua ainda como docente do curso Tecnólogo em Estética e Cosmetolgoia -UNICESUMAR PG.

## ÍNDICE REMISSIVO

### B

*Bacillus thuringiensis* 34, 35, 36, 47, 48

Biocombustíveis 34, 35, 36, 38, 39, 44, 45, 46

Bronquíolos 14, 18

Brônquios 14, 15, 16, 18, 20

### C

Condiciones laborales 1, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12

### E

Engenharia de tecidos 50, 55, 58, 62, 64, 65, 67, 68, 69, 71, 74, 78, 80, 81

Envelhecimento celular 62

Enzimas 27, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 57, 58, 73

### F

Frutos verdes de Jenipapo 26

### G

*Genipa americana* Linnaeus 25, 26, 32

Genipina 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 79

### L

Ligninocelulolítico 34, 36, 41, 43, 44, 46

### M

Marsupiais 14, 15, 23

Materiais biocompatíveis 62

Medicina regenerativa 50, 52, 55, 58, 64, 65, 74, 79

### P

Polimerização 40, 50, 52, 54, 57, 69

Polímeros biorreabsorvíveis 62, 67, 68

### R

Reparo ósseo 62, 64

### S

Silicosis 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13

## T

Traqueia 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23

Tuberculosis 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 13

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA BIOMÉDICA



 [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

 [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

 @atenaeditora

 [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

# COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

## ENGENHARIA BIOMÉDICA



-  [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)