

MICROBIOLOGIA:

Clínica, Ambiental e Alimentos

2

Daniela Reis Joaquim de Freitas
(Organizadora)

 **Atena**
Editora
Ano 2021

MICROBIOLOGIA:

Clínica, Ambiental e Alimentos

2

Daniela Reis Joaquim de Freitas
(Organizadora)

 **Atena**
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Assistentes editoriais

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremo

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
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Profª Drª 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
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale 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
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas
Profª Drª 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
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª 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
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª 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
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª 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
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural 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
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª 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 Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª 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

Microbiologia: clínica, ambiental e alimentos 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Giovanna Sandrini de Azevedo
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizadora: Daniela Reis Joaquim de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M626 Microbiologia: clínica, ambiental e alimentos 2 /
Organizadora Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta
Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-446-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.464210109>

1. Microbiologia. 2. Clínica. 3. Ambiental. 4. Alimentos.
I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.
CDD 579

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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

DECLARAÇÃO DA EDITORA

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

APRESENTAÇÃO

O livro “Microbiologia: Clínica, Ambiental e Alimentos 2” é uma obra composta por trabalhos científicos na forma de artigos originais e de revisão, todos relacionados ao cultivo e triagem de micro-organismos.

A Microbiologia é uma área bastante ampla, com interface não só com as Ciências Biológicas, mas também com a área de Saúde, como Medicina, Enfermagem, Medicina comunitária, Nutrição, Farmacologia, Imunologia, Saúde coletiva, Farmácia e áreas correlatas. Ao longo destes 14 capítulos serão discutidos avanços da ciência e serão revistos conceitos importantes dentro da Microbiologia básica e clínica, Bacteriologia, Micologia, Parasitologia, Virologia, além de propor a discussão destes temas de forma atualizada e dinâmica. Este livro será, portanto, muito importante para auxiliar estudantes e profissionais no reconhecimento e caracterização de micro-organismos, na prevenção e no combate a doenças causadas pelos mesmos ou ainda para sua utilização industrial, comercial, medicinal e nutricional.

Esta obra, bem como todas as publicações da Atena Editora, passou pela avaliação de um Comitê de pesquisadores com mestrado e doutorado em programas de pós-graduação renomados no Brasil. Assim, apresentamos ao leitor um trabalho de excelente qualidade, atualizado e devidamente avaliado por pares.

Esperamos que gostem da leitura.


Daniela Reis Joaquim de Freitas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

FORMAÇÃO DE BIOFILME POR BACTÉRIAS


Marly Marques Rego Neta
Inara Viviane de Oliveira Sena
Antonio Rosa de Sousa Neto
Josie Haydée Lima Ferreira
Daniela Reis Joaquim de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101091>

CAPÍTULO 2..... 14

AValiação DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DE POÇOS RESIDENCIAIS NO ENTORNO DO CEMITÉRIO SANTO ANTÔNIO, NA CIDADE DE PORTO VELHO-RO/BRASIL

Deizieny Aires da Silva Almeida
Iasmin Pinheiro de Sousa
Taciára Letícia Oliveira Mendes
Helen Queite Guterres Barros Gazola
Adriele Maiara Carneiro Muniz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101092>

CAPÍTULO 3..... 20

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA FARINHA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*, Crantz) DO TIPO UARINI, COMERCIALIZADA NA FEIRA DA MANAUS MODERNA NA CIDADE DE MANAUS-AM

Hualef Sérgio da Silva Pereira
Raynara Inácio de Araújo
Williene Coelho da Silva
Uziel Ferreira Suwa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101093>

CAPÍTULO 4..... 28

ASPECTOS MICROBIOLÓGICOS DE *Sporothrix brasiliensis*: AGENTE DE ESPOROTRICOSE DE TRANSMISSÃO ZONÓTICA

Fernanda de Andrade Galliano Daros Bastos
Renata Botti Okar
Louise Tamirys Camargo
Regielly Caroline Raimundo Cognialli
Flavio de Queiroz-Telles


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101094>

CAPÍTULO 5..... 38

***Acinetobacter baumannii*: INFECÇÕES ASSOCIADAS, RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA, TRATAMENTO, PREVENÇÃO E CONTROLE**

Ivina Meneses dos Santos e Silva
Júlia Rodrigues Holanda


Rebeca dos Santos Miranda de Oliveira
Antonio Rosa de Sousa Neto
Inara Viviane de Oliveira Sena
Rosângela Nunes Almeida
Kelly Myriam Jimenez de Aliaga
Daniela Reis Joaquim de Freitas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101095>

CAPÍTULO 6..... 49

BACTÉRIAS FIXADORAS DE NITROGÊNIO EM LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS TROPICAIS: PROCESSO DE ISOLAMENTO EM NÓDULOS RADICULARES


Mayan Blanc Amaral
Edevaldo de Castro Monteiro
Tamiris dos Santos Lopes
Thiago Neves Teixeira
Bruno José Rodrigues Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101096>

CAPÍTULO 7..... 55

CAPSAICINA COMO UMA MOLÉCULA BIOATIVA PROMISSORA CONTRA MICRO-ORGANISMOS DE IMPORTÂNCIA MÉDICA E AGRÍCOLA: UMA REVISÃO DE LITERATURA


Maria Gabriela Ferreira
Meliza Arantes de Souza Bessa
Ralciane de Paula Menezes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101097>

CAPÍTULO 8..... 69

HIDRÓLISE DO AMIDO DE MILHO: LIBERAÇÃO DE AÇÚCARES FERMENTECÍVEIS PARA FABRICAÇÃO DE ETANOL

Paulo Henrique Silva Lopes
Adeline Cristina Pereira Rocha
David Lee Nelson
Vivian Machado Benassi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101098>

CAPÍTULO 9..... 81

ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DOS PARÂMETROS LABORATORIAIS E CLÍNICOS DE PACIENTE COM SEPSE EM HOSPITAL PRIVADO DE MINAS GERAIS

Mariana de Souza Carvalho
Isadora Moreira Costa do Nascimento Nogueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4642101099>

CAPÍTULO 10..... 91

BIOPROSPECÇÃO DE BACTÉRIAS ISOLADAS NO MANGUEZAL DO LITORAL DO PARANÁ: ESTUDO PRELIMINAR

Cláudia Cristina da Conceição Munhoz


Matheus Sampaio de Araujo
Juciane Modesto dos Santos
Caroline Alves Cordeiro
Camila Souza Almeida dos Santos
Kassiely Zamarchi
Nigella Mendes de Paula
Gabriela Xavier Schneider
Alessandra Tenório Costa
Danyelle Stringari
Josiane Aparecida Gomes-Figueiredo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.46421010910>

CAPÍTULO 11..... 106

IDENTIFICAÇÃO DE ENTEROBACTÉRIAS PRESENTES NO CÓRREGO ALVARENGA DO COMPARTIMENTO DO BRAÇO DO ALVARENGA DO RESERVATÓRIO BILLINGS, NO MUNICÍPIO DE SÃO BERNARDO DO CAMPO – SÃO PAULO

Vitoriana Barbosa Veiga Reis
Marta Ângela Marcondes
Mônica Teixeira Andrade Leal
André Contri Dionizio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.46421010911>

CAPÍTULO 12..... 116

PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA


Daniela Cristina Souza Oliveira
Ludimila Rodrigues Dayrell
Marcus Henrique Canuto
David Lee Nelson
Arlete Barbosa dos Reis
Vivian Machado Benassi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.46421010912>

CAPÍTULO 13..... 129

RELATO DE INFESTAÇÃO POR PIOLHOS *Gliricola porcelli* EM PORQUINHO-DA-ÍNDIA (*Cavia porcellus*) EM RONDÔNIA, BRASIL

Ketly Lorrainy Rodrigues de Oliveira Lima
Renato da Silva
Kétury Silva dos Passos
Jussania Barbosa Oliveira
Rafael M. Godoi
Mayra Araguaia Pereira Figueiredo


 <https://doi.org/10.22533/at.ed.46421010913>

CAPÍTULO 14..... 134

INVESTIGAÇÃO DO POTENCIAL ANTIMICROBIANO DE BACTÉRIAS ENDOFÍTICAS ASSOCIADAS AO BARBATIMÃO (*STRYPHNOENDRON* SP.) NATIVO DO CERRADO

Lavínia Cipriano

Gabriela Moraes Silva
Cristina Paiva de Sousa
Felipe de Paula Nogueira Cruz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.46421010914>

SOBRE A ORGANIZADORA.....	147
ÍNDICE REMISSIVO.....	148

CAPÍTULO 1

FORMAÇÃO DE BIOFILME POR BACTÉRIAS

Data de aceite: 01/09/2021

Marly Marques Rego Neta

Programa de Pós-Graduação em Enfermagem,
Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí

Inara Viviane de Oliveira Sena

Programa de Pós-Graduação em Enfermagem,
Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí

Antonio Rosa de Sousa Neto

Departamento de Enfermagem, Universidade
Federal do Piauí
Teresina – Piauí

Josie Haydée Lima Ferreira

Programa de Pós-Graduação em Ciências
e Saúde; Departamento de Parasitologia e
Microbiologia, Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí

Daniela Reis Joaquim de Freitas

Programa de Pós-Graduação em Enfermagem;
Departamento de Parasitologia e Microbiologia,
Universidade Federal do Piauí
Teresina – Piauí

RESUMO: Biofilmes são comunidades biológicas organizadas, onde as bactérias que os compõem formam estruturas coordenadas e funcionais; estes micro-organismos estão submersos em matrizes poliméricas produzidas por eles próprios, para sua proteção e desenvolvimento, favorecendo relações simbióticas e permitindo a sobrevivência em ambientes hostis. São capazes

de aderir a superfícies inertes, e colonizar material médico-hospitalar. Na formação inicial do biofilme ocorre troca de substâncias entre o meio interno e o externo, através de gradiente de concentração. Infecções relacionadas com o biofilme normalmente representam enormes desafios para a saúde pública, devido a sua capacidade de resistência a fármacos. No hospedeiro, os biofilmes são fatores que protegem os patógenos das defesas do sistema imunológico, e oferecem proteção contra os desafios mecânicos e químicos, tornando-os persistentes e resistentes a diferentes tratamentos. Neste capítulo serão vistos os principais micro-organismos produtores de biofilme e uma visão geral de seus mecanismos de atuação.

PALAVRAS-CHAVE: Biofilmes; espécies bacterianas; mecanismos de resistência em biofilmes.

BIOFILM FORMATION BY BACTERIA

ABSTRACT: Biofilms are organized biological communities, where the bacteria that compose them, form coordinated and functional structures; these microorganisms are submerged in polymeric matrices produced for their protection and development, favoring symbiotic relationships, and allowing them to survive in hostile environments. They can adhere to inert surfaces and colonize medical and hospital material. The initial formation of biofilm occurs through an exchange of substances between the internal and external environment, through a concentration gradient. Biofilm-related infections

typically pose enormous public health challenges due to their drug-resistance capacity. In the host, biofilms are factors that protect pathogens from immune system defenses and offer protection against mechanical and chemical challenges, making them persistent and resistant to different treatments. In this chapter, the main biofilm-producing microorganisms and an overview of their mechanisms of action will be seen.

KEYWORDS: Biofilms; bacterial species; resistance mechanisms in biofilms.

1 | INTRODUÇÃO

O biofilme é uma comunidade biológica com um elevado grau de organização, onde as bactérias formam estruturas coordenadas e funcionais, estando estas, embebidas em matrizes poliméricas produzidas por elas próprias. A associação dos micro-organismos em biofilme constitui uma forma de proteção ao seu desenvolvimento, favorecendo relações simbióticas e permitindo a sobrevivência em ambientes hostis (NASCIMENTO et al., 2016). Um dos principais fatores de virulência dos biofilmes é a capacidade dos micro-organismos que o compõem aderirem a superfícies inertes, e colonizarem material médico invasivo como cateteres e próteses (SILVA et al., 2020).

A maioria dos micro-organismos vive dentro de um ecossistema estruturado por biofilmes e não em vida livre. A formação de biofilme é um mecanismo de defesa que assegura a sua sobrevivência em ambientes adversos - são amplamente definidos como conjuntos de micro-organismos que se comunicam, empregando a detecção do *quórum sensing* e seus produtos extracelulares associados a uma interface ligados a superfície biótica ou abiótica. A formação de micro colônias envolta por matriz de exopolissacarídeo (EPS) desenvolve-se promovendo uma agregação bacteriana, formando biofilmes com formas reversíveis e irreversíveis (SILVA et al., 2020).

Sua formação tem início com adesão primária destas bactérias em sua forma planctônica a uma determinada superfície; este processo é considerado complexo, pois ocorre através da interações físico-químicas não específicas entre a bactéria e a superfície abiótica (inanimada, como plástico e metais por exemplo). Esta interação ocorre aleatoriamente, através de força gravitacional, movimento browniano ou de forma ordenada, através de mecanismos de cada patógeno como quimiotaxia e motilidade através de flagelos e *pili*. Este estado é reversível, assim, realizado por interações físico-químicas não específicas de longo alcance entre os micro-organismos, incluindo forças hidrodinâmicas, hidrofóbicas, eletrostáticas, Forças de Van der Waals e força de atração e repulsão entre esta interação, que será o fator primordial para determinação desta fase de adesão. Estes mecanismos ainda estão em fase de estudo e não são totalmente elucidados (TRENTI; GIORDANI, MACEDO, 2013).

Enquanto isso, a adesão em superfícies bióticas (células e tecidos animais e vegetais por exemplo) é observada através de interações moleculares mediadas por ligações específicas (ligante-receptor). Depois de aderidos, ocorre a proliferação destes

micro-organismos levando a um acúmulo dos mesmos; são produzidas substâncias que tem a função de atrair outros micro-organismos, e fazer com que as células bacterianas produzam EPS, que se comporta como uma membrana protetora que recobre totalmente a comunidade bacteriana, tornando o ambiente interno a ele diferenciado, assim, podendo ocorrer alterações de pH, temperatura, umidade, produção de toxinas, expressão dos fatores de virulência e até mesmo troca plasmidial (TASNEEM et al., 2018).

As substâncias produzidas, fazem com que a densidade bacteriana aumente, através da presença de moléculas auto indutoras que ao se acumular induzem a transcrição de genes específicos, regulando várias funções bacterianas, como motilidade, virulência e a capacidade de produção de EPS. Este processo de comunicação pode ser encontrado em diversos micro-organismos, muitas vezes associados a bactérias patogênicas e é referido como *Quorum sensing* (sistema de comunicação intra e interespécies de micro-organismos) (SILVA et al., 2020).

A segunda etapa é a adesão secundária ou adesão irreversível. As bactérias que se aderem à superfície (colonizadores primários) passam a se multiplicar, formando macro colônias, estas, começam a sintetizar EPS e estabelecem o processo de adesão. Durante essa fase, os patógenos são capazes de se ligar a células da mesma ou de diferentes espécies (colonizadores secundários), que podem utilizar o EPS como substrato, formando agregados com os micro-organismos já aderidos a superfície (STOODLEY et al., 2002, MENOITA, 2012).

Após estruturado a formação inicial do biofilme, ocorre o processo de troca de substâncias entre o meio interno e o externo. Este transporte é possível através do gradiente de concentração, e pelos sinalizadores produzidos pelos micro-organismos, fazendo com que o EPS seja mais seletivo, e as bactérias mais próximas a extremidades do mesmo tenham o metabolismo mais ativo do que as que foram aderidas inicialmente (COSTA; JUNIOR, 2017). O resumo de todo o processo de formação do biofilme se encontra na Figura 1.

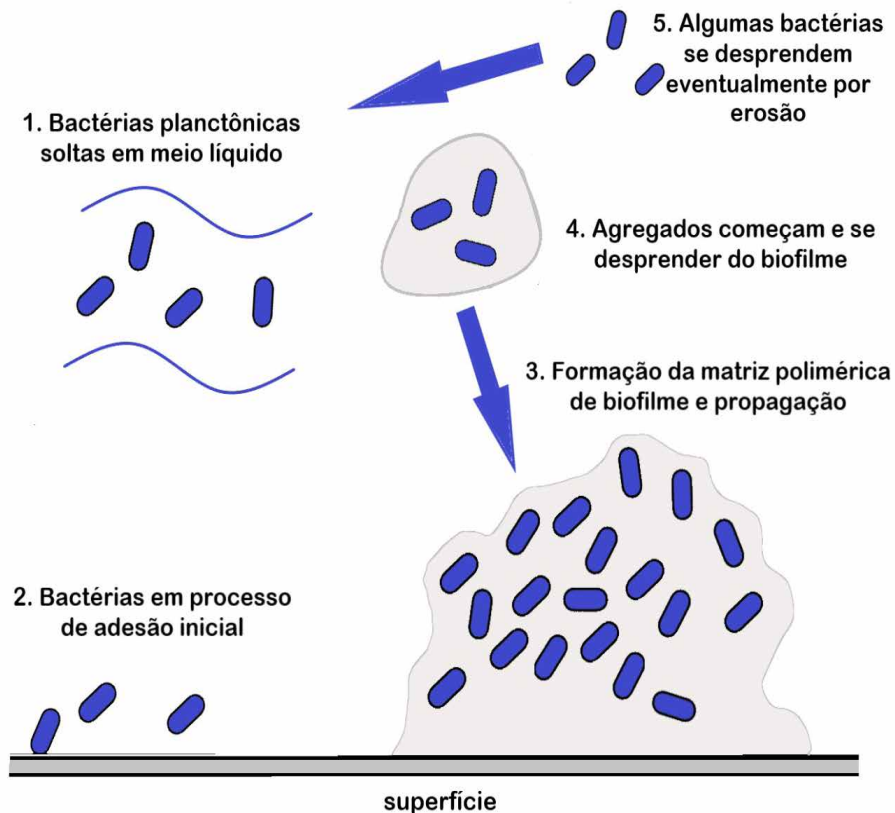


Figura 1. Processo de formação de biofilme.

Fonte: Os Autores, 2021.

Infecções relacionadas com o biofilme normalmente representam enormes desafios para a saúde pública, devido a sua capacidade de resistência a fármacos. No hospedeiro, os biofilmes são fatores que protegem os patógenos das defesas do sistema imunológico, e oferecem proteção contra os desafios mecânicos e químicos (MUHAMMAD et al., 2020).

2 | PRINCIPAIS ESPÉCIES FORMADORAS DE BIOFILME

Diversas são as bactérias formadoras de biofilmes de importância clínica, sendo muitas delas responsáveis pela cronicidade de um mesmo grupo de doenças. Os microorganismos comumente associados a infecções crônicas no ambiente hospitalar são: *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterococcus faecalis*, *Proteus mirabilis* e *Burkholderia cepacia* (ABDALLAH, 2014; MUHAMMAD et al., 2020) (Figura 2).

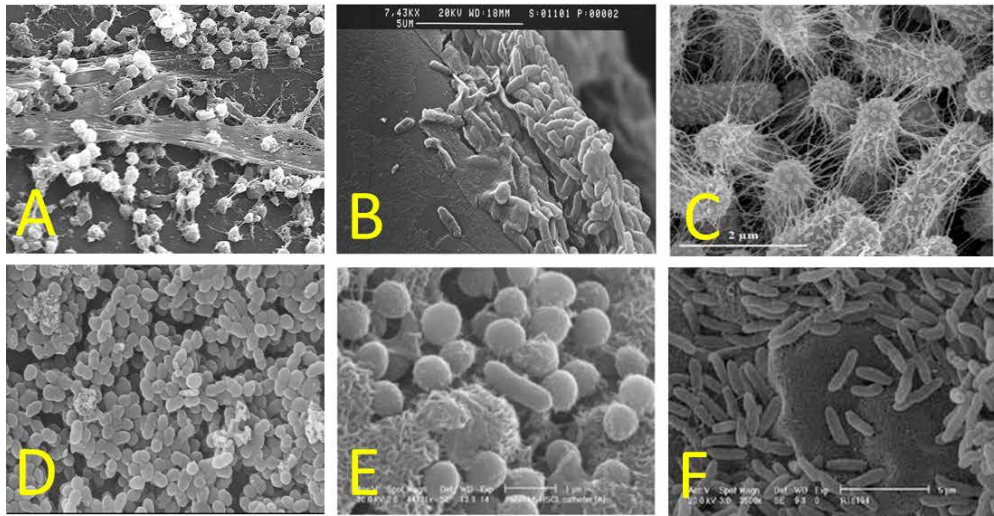


Figura 2. Principais bactérias formadoras de biofilme em material médico-hospitalar. A, *Staphylococcus* sp; B, *Pseudomonas aeruginosa*; C, *Klebsiella pneumoniae*; D, *Enterococcus faecalis*; E, *Proteus mirabilis*; e F, *Burkholderia cepacia*.

A, Fonte: <https://pixnio.com/pt/fotos/ciencia/imagens-de-microscopia/staphylococcus-aureus>; Autores: Rodney M. Donlan, Ph.D., Janice Carr, USCDCP

B, Fonte DOI: 10.1371/journal.pone.0108478.g001

C, Fonte: <https://arxiv.org/abs/1302.3663>

D, Fonte: DOI: 10.5812 / jjm.30000

E, Fonte: DOI: 10.4161 / viru.2.5.17783

F, Fonte: <https://genome.jgi.doe.gov/portal/bur94/bur94.home.html>

Em seus biofilmes é possível identificar polissacarídeos em comum como manose, galactose, glucose (mais abundantes) e N-acetil-glucosamina, ácido galacturônico, arabinose, fucose, rhamnose e xilose. Algumas apresentam polissacarídeos não específicos, mas que aumentam em resposta ao estresse, como o ácido colânico (antígeno M) na *Escherichia coli* e o alginato na *Pseudomonas aeruginosa* (TASNEEM et al., 2018).

Em alguns casos, patógenos responsáveis por quadros infecciosos agudos recorrentes como o *Haemophilus influenzae* em infecções pulmonares, por exemplo, acabam por danificar o órgão possibilitando a colonização por micro-organismos mais agressivos, como a *P. aeruginosa*, levando a piora do prognóstico. Alguns trabalhos mais recentes indicam que algumas cepas de *H. influenzae* também podem formar biofilme (WALKER et al., 2017).

Em geral, as infecções relacionadas a biofilmes funcionam como agravantes de um quadro clínico inicial que idealmente não pressupunha presença bacteriana. Diante disso, doenças de ordem genética ou doenças que não afetam órgãos ou tecidos específicos (coração, pulmão e rins, por exemplo) podem debilitar o paciente tornando-o susceptível

ao desenvolvimento de infecções, como é o caso da fibrose cística. Outras enfermidades, como infecções em próteses implantadas (PERCIVAL et al., 2015), ferimentos crônicos (SARHEED et al., 2016) e infecções em cateteres (SIMIONI et al., 2019) podem desenvolver-se devido à carência de cuidados durante os procedimentos cirúrgicos e ambulatoriais envolvendo, inclusive, a microbiota do próprio paciente (COSTA; JUNIOR, 2017).

Independente do fator que tornou o indivíduo susceptível à colonização bacteriana, torna-se importante conhecer as peculiaridades de cada espécie durante a formação de seu biofilme, a fim de buscar as melhores estratégias para a sua erradicação (MUHAMMAD et al., 2020). No presente capítulo quatro patógenos foram escolhidos para detalhamento estrutural de seus biofilmes por impactarem negativamente no prognóstico de algumas doenças

a. *Pseudomonas aeruginosa*

A *Pseudomonas aeruginosa* compõe o grupo dos bacilos Gram-negativos não-fermentadores. Seu biofilme difere dos demais por sua matriz constituir-se predominantemente de alginato (monômeros de ácido manurônico e ácido gulurônico), polímero responsável pela aparência mucóide das colônias quando cultivadas em meio de cultura. Além disso, açúcares como PEL-glicose e PSL-manose também podem ser encontrados (FLEMMING et al., 2016).

O alginato aprimora a estrutura tridimensional do biofilme, previne a fagocitose por células do hospedeiro e liga-se a antibióticos catiônicos como aminoglicosídeos. A regulação da hidrólise do alginato mediante atividade enzimática do biofilme ocorre através de ativação genética, e isso pode causar a liberação das células na superfície do biofilme, contribuindo para a sua dispersão (OMAR et al., 2017).

Além do alginato, o segundo maior componente do biofilme de *P. aeruginosa* é o DNA extracelular, que atua estabilizando a matriz do biofilme. É liberado através dos mecanismos de sinalização célula-célula e através de estruturas como *pili* e flagelo (SHARMA et al., 2014).

Importante fator de virulência, o sistema *quorum sensing* de *P. aeruginosa* é regulado a partir de dois tipos de moléculas sinalizadoras: N-acil-homoserina lactonas (do inglês N-acylhomoserine lactones – AHL) e 4-quinolona (SHARMA et al., 2014). Quando em altas concentrações, essas moléculas indicam que a população bacteriana está aumentada e, assim, ao ligarem-se a receptores específicos, estes sinalizam que deve ser restringida a expressão de genes relacionados ao aumento da densidade celular. Além disso, o *quorum sensing* é importante no controle da produção de pioverdina, piochelina e piocianina, os quais são sideróforos (composto orgânico que atua na captação de ferro pelos organismos como bactérias) (OMAR et al., 2017) e podem auxiliar na formação dos biofilmes; e na prevenção do acúmulo de óxido nítrico que é liberado durante respiração anaeróbia sendo tóxico para esse patógeno quando em altas concentrações (SHARMA et al., 2014).

A *P. aeruginosa* cresce mais rápido quando em monocultura, formando um biofilme

com estrutura semelhante ao formato de um cogumelo. A *P. aeruginosa* possui como um dos mecanismos de defesa a baixa permeabilidade de membrana, pois o bacilo limita a entrada de antibióticos ao alterar suas proteínas de transporte como as porinas, por exemplo. Isso faz com que ocorra o efluxo de antibióticos para fora da célula, não permitindo o acúmulo dos mesmos no citoplasma da célula bacteriana (FLEMMING et al., 2016).

b. *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermidis*

Do gênero *Staphylococcus*, destacam-se duas espécies relacionadas a infecções nosocomiais: *S. aureus* (coagulase positivo) e *S. epidermidis* (coagulase negativo). O *S. aureus* pode ser encontrado colonizando adultos saudáveis e seu aparecimento em infecções nosocomiais deve-se à contaminação advinda do próprio paciente ou da equipe que lhe presta atendimento (SCHILCHER; HORSWILL, 2020).

Por outro lado o *S. epidermidis*, que compõe a microbiota epitelial humana, é comumente encontrado em pacientes imunocomprometidos, embora também esteja presente em pacientes saudáveis, causando infecções devido ao contato com mucosas, traumas ou implantes (OTTO, 2018). Ambos são patógenos oportunistas que podem apresentar fenótipo formador de biofilmes.

Em estudo publicado por Rohde e colaboradores (2007) com cepas isoladas de próteses articulares de quadril e joelho, cerca de 69% das cepas pesquisadas de *S. epidermidis* apresentaram fenótipo formador de biofilme; enquanto para o *S. aureus*, todas as cepas expressaram esse fenótipo. Em estudo com cateteres urinários infectados por essas mesmas bactérias formadoras de biofilmes foi observado que a utilização de vancomicina eliminava apenas as bactérias planctônicas, incluindo as resistentes à meticilina (MRSA), mas o biofilme se mantinha como uma espécie de reservatório bacteriano. Os autores concluíram que, visando à erradicação bacteriana, a infecção por *S. aureus* requereria maiores cuidados que a infecção por *S. epidermidis* principalmente quando se trata de cepas resistentes MRSA, causadoras das infecções mais graves (BATISTA et al., 2018).

As cepas do gênero *Staphylococcus* formam um biofilme multicamada envolto por glicocálice ou por *slimes*, que são estruturas semelhantes a cápsulas que auxiliam na aderência a superfícies de células e de implantes sintéticos enquanto inibem a fagocitose pelas células de defesa do hospedeiro. A parede da célula bacteriana é constituída principalmente por peptídeoglicano, além de ácido ribitol teicóico (Polissacarídeo A em *S. aureus*) e ácido glicerol teicóico (Polissacarídeo B, fator de virulência em *S. epidermidis*) (OTTO, 2018).

Quando o ácido teicóico é ancorado a lipídios de membrana é conhecido como ácido lipoteicóico. O biofilme, portanto, é composto por esses polissacarídeos e por proteínas bacterianas e do hospedeiro. Ambas as espécies têm a capacidade de expressar diversas adesinas que permitem sua fixação em proteínas da matriz extracelular do hospedeiro, favorecendo sua adesão a superfícies poliméricas ou metálicas presentes em implantes, por exemplo (SCHILCHER; HORSWILL, 2020).

Dentre a adesinas, a responsável pela adesão intercelular é conhecida como adesina polissacarídica intercelular (polysaccharide intercellular adhesin, PIA) também chamada de poli-N-acetil- glucosamina (PNAG). Considerada importante fator de virulência, essa adesina é formada pelo polissacarídeo poli-N-acetil- β (1,6)-glucosamina cuja produção pode ser estimulada por condições de anaerobiose como, por exemplo, em biofilmes formados em fermentos profundos. Quando desacetilada, a PIA libera grupamentos que tornam o ambiente positivamente carregado, o que facilita a adesão entre as células, pois essas possuem carga negativa em sua superfície devido a presença do ácido teicóico (OTTO, 2018). Além da proteína polissacarídica intercelular, o DNA extracelular (eDNA) exerce papel importante na formação de biofilmes desse gênero, pois a proximidade entre células proporcionada pelo biofilme somada a presença de eDNA fornecem as condições necessárias para a troca de material genético. O eDNA atua como componente estrutural da matriz polimérica, facilita a agregação intercelular e contribui como fator de virulência, entre outras funções. Em biofilmes de *S. aureus* é visto como uma importante adesina estrutural para a matriz do biofilme, se comparado ao biofilme de *S. epidermidis* (DOROSHENKO et al., 2014).

A presença de proteínas de superfície pode influenciar os micro-organismos de maneiras diferentes. A formação de biofilme de *S. aureus* também está associada com a produção de proteínas ancoradas à superfície e, quando estas são degradadas por proteases, a formação de biofilme é inibida, contrariamente ao que acontece com *S. epidermidis* em que a formação é estimulada (ARCIOLA; CAMPOCCIA; MONTANARO, 2018).

Além de cepas PIA-dependentes, para uma mesma espécie é possível encontrar cepas conhecidas como PIA-independentes que utilizam adesinas diferentes durante a adesão primária à superfície e, assim constituir o biofilme. Cepas de *S. epidermidis* e *S. aureus*, por exemplo, utilizam respectivamente as proteínas Aap e Bap como adesinas intercelulares, enquanto algumas cepas de *S. aureus* resistentes à metilina (MRSA) utilizam proteínas ligantes de fibronectina (fibronectin-binding proteins, FnBPs) que atuam no biofilme em maturação (SCHILCHER; HORSWILL, 2020).

As alterações genéticas como a deleção de um dos genes relacionados à produção de adesinas influência de maneira diferente cada uma dessas proteínas (PIA e FnBPs). A deleção do gene *atl*, por exemplo, causa prejuízo na formação de biofilmes dependentes de proteínas ligantes de fibronectina, mas não há modificação na formação de biofilmes dependente de PIA. Outros genes que, quando bloqueados, interferem nessas duas adesinas dificultando a formação de biofilmes em superfícies de poliestireno (OTTO, 2018).

Diferentemente do que ocorre com as bactérias Gram-negativas, a comunicação célula-célula através do *quorum sensing* ocorre de outra forma em bactérias Gram-positivas: a expressão dos genes que regulam o *quorum sensing* diminui conforme o biofilme vai sendo formado durante a infecção, facilitando o desprendimento das bactérias e consequente dispersão dessas a partir de uma redução na expressão de adesinas como

a PIA (ARCIOLA; CAMPOCCIA; MONTANARO, 2018).

c. *Haemophilus influenzae*

Haemophilus influenzae é um patógeno que costuma acometer o trato respiratório superior e inferior humano, associado a doenças como otites do ouvido médio, sinusites e complicações de doenças pulmonares como bronquite crônica e fibrose cística (FC). Compõe os bacilos Gram-negativos pleomórficos (cocobacilos). Esta espécie é dividida entre cepas tipáveis (que reagem com os sorotipos a-f) e não-tipáveis (que não reagem com os mesmos sorotipos) (ROMANELI et al., 2018).

A cepa conhecida como não-tipável (*Haemophilus influenzae* Non-typeable - NTHi) não possui cápsula e é tida como formadora de biofilmes, contribuindo para a persistência bacteriana e patogênese de doenças. Além disso, apresenta-se como componente da microbiota natural da nasofaringe, podendo atuar como patógeno oportunista na otite média recorrente (VERMEE et al., 2019).

Para a formação de um biofilme a adesão é essencial, permitindo que ele se desenvolva e resista à resposta inflamatória do hospedeiro, por exemplo. Nesse aspecto, ao contrário de outras espécies bacterianas, o *H. influenzae* não-tipável possui as proteínas HMW1 e HMW2, a Hia e o *pilus* hemoaglutinante como fatores de aderência (VAN HOECKE et al., 2016).

As proteínas HMW1 e HMW 2, ao serem expressas nas cepas de *H. influenzae*, permitem a colonização mais rápida da nasofaringe. Segundo Krasan e colaboradores (1999) em estudo com isolados de nasofaringe e ouvido médio de crianças, essa bactéria tem a função de promover também a adesão entre diversas células epiteliais humanas, mas aparece em menor proporção que as duas adesinas anteriormente citadas. A aderência ao muco respiratório e a fibronectina deve-se a presença de pili ou fimbria (ROMANELI et al., 2018).

Além dessas adesinas, a proteína externa de membrana P2, que é basicamente uma porina fortemente imunogênica contribui para o desenvolvimento de doenças crônicas. Ela protege o *H. influenzae* da ação de anticorpos, através da interação com a mucina presente no muco, devido ao reconhecimento dos oligossacarídeos ligados ao ácido siálico que compõem essa molécula. Essa proteção não impacta em indivíduos com função mucociliar normal, mas é preocupante em indivíduos com fibrose cística. Nesses casos, os pacientes passam a ter dois fatores que contribuem para o surgimento de infecções: a presença de muco viscoelástico nos pulmões devido a FC, que predispõe à adesão e colonização bacteriana, e as adesinas inerentes ao patógeno, que favorecem a sua ligação a superfície de um epitélio pulmonar doente (VERMEE et al., 2019).

Em estudo de Lopes, Azevedo e Pereira (2015) avaliou-se in vivo a presença de estruturas (agrupamentos celulares envoltos por matriz polimérica) correspondentes a formação de biofilmes de NTHi utilizando amostras de lavado broncoalveolar de pacientes

fibrocísticos jovens, sendo a primeira evidência de que esses biofilmes estariam presentes no pulmão, visto que diversos estudos na literatura mencionavam esses biofilmes na otite do ouvido médio, mas não em doenças pulmonares como a fibrose cística. Das dez amostras analisadas, em duas foram encontradas evidências morfológicas (constituição de microcolônias) que sugeriam a presença de biofilme.

Para comprovar esse resultado, testou-se *in vitro* a capacidade de formação de biofilmes dessas cepas não-tipáveis de *H. influenzae*. Dez isolados clínicos formaram biofilmes em superfícies plásticas. A fim de transpor os resultados para a perspectiva *in vivo*, os isolados cujos biofilmes apresentaram-se robustos foram submetidos a culturas de epitélio das vias aéreas e observou-se a formação de biofilmes na superfície apical das células, comprovado também por microscopia. Como o muco produzido pelas células durante a cultura poderia ser confundido com o biofilme, devido a sua constituição semelhante à matriz polissacarídica desse, os autores utilizaram cepas de *H. influenzae* contendo mutações nos genes que expressam o ácido siálico ligado ao esqueleto polissacarídico que forma a matriz polimérica do biofilme para confirmar os achados com os isolados clínicos.

As cepas contendo a mutação não produziram biofilmes robustos como os produzidos pelas cepas isoladas dos pacientes, com ausência dessa mutação. Esses resultados são relevantes, pois indicam que seria interessante tratar pacientes fibrocísticos ainda assintomáticos, uma vez que o *H. influenzae* acaba por danificar o tecido pulmonar facilitando ainda mais a colonização por patógenos mais agressivos, como a *P. aeruginosa*.

3 | INFECÇÕES POLIMICROBIANAS

Evidências clínicas sugerem que infecções polimicrobianas são mais severas em função da atuação sinérgica dos micro-organismos. Por exemplo, em co-cultura, o *H. influenzae* produtor de β -lactamase aumenta a relação CIM/CBM (Concentração Inibitória Mínima/Concentração Bactericida Mínima) da amoxicilina para o *Streptococcus pneumoniae*. A *P. aeruginosa* em co-cultura com *S. aureus* aumenta a infecção em ratos (WOLCOTT et. al., 2013). Uma característica importante das espécies de *Pseudomonas*, segundo Ochoa e colaboradores (2015), é justamente a sua capacidade de adquirir e trocar material genético com outras espécies causadoras de infecções nosocomiais, como a *Klebsiella pneumoniae* e a *Escherichia coli*.

A presença de biofilmes polimicrobianos pode influenciar positivamente na perpetuação de espécies patogênicas. Na co-cultura de *H. influenzae* com *Moraxella catarrhalis*, que é também um patógeno oportunista das vias aéreas, a presença de *M. catarrhalis* aumentou a resistência das cepas de *H. influenzae* à ampicilina. Quando testada a associação de ampicilina e ácido clavulânico sobre o biofilme polimicrobiano, esse efeito foi anulado, permitindo a constatação de que a produção de β -lactamases por parte da *M. catarrhalis* contribui para a diminuição da susceptibilidade do *H. influenzae* aos

antimicrobianos. O mesmo aconteceu quando o biofilme foi exposto a sulfametoxazol e trimetoprima (DUNNE et al., 2018).

Algumas substâncias são utilizadas pelo biofilme para aumentar a sua resistência. No *Mycobacterium smegmatis*, o biofilme aumenta o sequestro de ferro que induzem a expressão de transportadores, como bomba de efluxo (MOTHIBA et al., 2015).

O biofilme em *C. pseudotuberculosis* forma uma matriz complexa de polissacarídeos e outros agregados que pode aderir em superfícies orgânicas ou inorgânicas, além de manter a bactéria protegida, aumentando a sua resistência contra agentes externos. Para entender melhor essa dinâmica de agregados moleculares, as bactérias intracelulares, como as micobactérias, além de possuir toda a estrutura de um biofilme comum, também podem desenvolver outras estruturas na interface, já que essas bactérias possuem diferentes composição da matriz extracelular do biofilme, principalmente pela presença de níveis elevados de lipídeos (SÀ et al., 2013).

Os mecanismos de resistência utilizados pelo biofilme são aqueles que compõem o seu agregado molecular, a saber, o glicocálice, uma estrutura flexível que regula o crescimento do biofilme usando a eletrostática unindo forças de Van der Waals e ligações de hidrogênio, promovendo a adesão e coesão do biofilme, auxiliando na maturação do biofilme (DUNNE et al., 2018).

Enzimas que degradam substâncias tóxicas como compostas fenólicas e metais pesados também proporciona a defesa do biofilme. Alguns genes estão relacionados a essa resposta, o gene *RpoS*, uma subunidade dos fatores sigmas. Esse mesmo fator pode controlar outros genes que determinam a tolerância ao estresse, enquanto outras regulam o rearranjo fisiológico na bactéria em condições de estresse. Essa resposta pode resultar em aumento da resistência a ação de biocidas (MOTHIBA et al., 2015).

4 | CONCLUSÃO

Entender o dinamismo de como bactérias planctônicas formam o biofilme pode elucidar o seu mecanismo molecular de patogenicidade e resistência. Identificar e inibir os genes responsáveis pela formação de biofilme é uma abordagem inovadora e efetiva para minimizar a resistência de biofilmes bacterianos que provoca várias perdas econômicas, quer seja na saúde humana, animal e na indústria.

As bactérias formadoras de biofilmes como *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *S. epidermidis* e *H. influenzae* apresentaram-se como as mais prevalentes e, ao entrarem em contato com o hospedeiro, acabam por contribuir para o desenvolvimento de uma infecção crônica e de difícil tratamento. Relatos na literatura indicam que, para a erradicação dos biofilmes, são necessárias concentrações cerca de 100 a 1000 vezes superiores do que as utilizadas na farmacoterapia para micro-organismos na forma planctônica, levando a persistência do micro-organismo e até inviabilizando o tratamento das infecções por causadas por eles.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, Marwan et al. Biofilm formation and persistence on abiotic surfaces in the context of food and medical environments. **Archives of microbiology**, v. 196, n. 7, p. 453-472, 2014.
- ARCIOLA, Carla Renata; CAMPOCCIA, Davide; MONTANARO, Lucio. Implant infections: adhesion, biofilm formation and immune evasion. **Nature Reviews Microbiology**, v. 16, n. 7, p. 397-409, 2018.
- COSTA, Anderson Luiz Pena; JUNIOR, Antonio Carlos Souza Silva. Resistência bacteriana aos antibióticos e Saúde Pública: uma breve revisão de literatura. **Estação Científica (UNIFAP)**, v. 7, n. 2, p. 45-57, 2017.
- BATISTA, Odinéa Maria Amorim et al. Cateter urinário: o tempo de exposição e calibre podem influenciar na formação de biofilme? **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 31, p. 535-541, 2018.
- DOROSHENKO, Natalya et al. Extracellular DNA impedes the transport of vancomycin in *Staphylococcus epidermidis* biofilms preexposed to subinhibitory concentrations of vancomycin. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 58, n. 12, p. 7273-7282, 2014.
- DUNNE, Eileen M. et al. Carriage of *Streptococcus pneumoniae*, *Haemophilus influenzae*, *Moraxella catarrhalis*, and *Staphylococcus aureus* in Indonesian children: a cross-sectional study. **PLoS One**, v. 13, n. 4, p. e0195098, 2018.
- FLEMMING, Hans-Curt et al. Biofilms: an emergent form of bacterial life. **Nature Reviews Microbiology**, v. 14, n. 9, p. 563-575, 2016.
- LOPES, Susana P.; AZEVEDO, Nuno F.; PEREIRA, Maria O. Microbiome in cystic fibrosis: shaping polymicrobial interactions for advances in antibiotic therapy. **Critical reviews in microbiology**, v. 41, n. 3, p. 353-365, 2015.
- MUHAMMAD, Musa Hassan et al. Beyond risk: bacterial biofilms and their regulating approaches. **Frontiers in microbiology**, v. 11, p. 928, 2020.
- MOTHIBA, Maborwa T. et al. Effects of clofazimine on planktonic and biofilm growth of *Mycobacterium tuberculosis* and *Mycobacterium smegmatis*. **Journal of global antimicrobial resistance**, v. 3, n. 1, p. 13-18, 2015.
- NASCIMENTO, Igor Ribeiro et al. Biofilmes bacterianos: colonização e identificação de micro-organismos causadores de infecção em cateter venoso central. **Programa de Iniciação Científica-PIC/ UniCEUB-Relatórios de Pesquisa**, v. 2, n. 1, 2016.
- OCHOA, S. A. et al. Phenotypic characterization of multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa* strains isolated from pediatric patients associated to biofilm formation. **Microbiological Research**, v. 172, p. 68-78, 2015.
- OMAR, Amin et al. Microbial biofilms and chronic wounds. **Microorganisms**, v. 5, n. 1, p. 9, 2017.
- OTTO, Michael. Staphylococcal biofilms. **Microbiology spectrum**, v. 6, n. 4, p. 6.4. 27, 2018.

PERCIVAL, Steven L. et al. Healthcare-associated infections, medical devices and biofilms: risk, tolerance and control. **Journal of medical microbiology**, v. 64, n. 4, p. 323-334, 2015.

ROHDE, H. et al. Polysaccharide intercellular adhesin or protein factors in biofilm accumulation of *Staphylococcus epidermidis* and *Staphylococcus aureus* isolated from prosthetic hip and knee joint infections. **Biomaterials**, v. 28, p. 1711–1720, 2007.

ROMANELI, Mariana Tresoldi das Neves et al. Doença invasiva causada por haemophilus influenzae não tipo b: relato de oito casos. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37, p. 156-160, 2019.

SÁ, Maria da CA et al. Atividade de desinfetantes e produção de biofilme em *Corynebacterium pseudotuberculosis*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 11, p. 1319-1324, 2013.

SARHEED, Omar et al. Antimicrobial dressings for improving wound healing. **Wound Healing-New Insights into Ancient Challenges**; Alexandrescu, V., Ed, p. 373-398, 2016.

SIMIONI, Patricia Ucelli et al. Prevalência de micro-organismos em infecções e casos de sepsis associadas ao cateter: uma revisão de literatura. **Ciência & Inovação**, v. 4, n. 1, 2019.

SILVA, Amanda Sales et al. Quórum sensing e suas implicações na formação de biofilme bacteriano em hospitais. **Journal of Infection Control**, v. 9, n. 1, p. 37-42, 2020.

SCHILCHER, Katrin; HORSWILL, Alexander R. Staphylococcal biofilm development: structure, regulation, and treatment strategies. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 84, n. 3, p. e00026-19, 2020.

SHARMA, G. et al. Pseudomonas aeruginosa biofilm: potential therapeutic targets. **Biologicals: journal of the International Association of Biological Standardization**, v. 42, p. 1–7, 2014.

TASNEEM, U. et al. Biofilm producing bacteria: A serious threat to public health in developing countries. **J Food Sci Nutr**. 2018; 1 (2): 25-31. **J Food Sci Nutr 2018 Volume 1 Issue**, v. 2, 2018.

TRENTIN, D. da S.; GIORDANI, R. B.; MACEDO, A. J. Biofilmes bacterianos patogênicos: aspectos gerais, importância clínica e estratégias de combate. **Rev. Lib**, v. 14, n. 22, p. 113-238, 2013.

VAN HOECKE, Helen et al. Haemophilus influenzae biofilm formation in chronic otitis media with effusion. **European Archives of Oto-Rhino-Laryngology**, v. 273, n. 11, p. 3553-3560, 2016.

VERMEE, Quentin et al. Biofilm production by Haemophilus influenzae and Streptococcus pneumoniae isolated from the nasopharynx of children with acute otitis media. **BMC infectious diseases**, v. 19, n. 1, p. 1-10, 2019.

WALKER, Woolf T. et al. Primary ciliary dyskinesia ciliated airway cells show increased susceptibility to Haemophilus influenzae biofilm formation. **European Respiratory Journal**, v. 50, n. 3, 2017.

WOLCOTT, R. et al. The polymicrobial nature of biofilm infection. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 19, n. 2, p. 107–112, 2013.
20.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Acinetobacter baumannii 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48

Amazônia 18

Amido 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 137

Amilases 69, 70, 73, 74, 75, 76, 77, 78

B

Bactérias 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 11, 22, 23, 24, 25, 38, 40, 45, 46, 49, 50, 51, 54, 55, 60, 63, 70, 81, 82, 89, 91, 92, 93, 94, 98, 100, 110, 119, 120, 121, 122, 130, 134, 135, 138, 140, 142, 144, 145

Bactérias Gram negativas 55, 63

Bactérias Gram positivas 55

Bactérias simbióticas 49

Barbatimão 134, 135, 136, 142, 145, 146

Billings 106, 107, 108, 109, 110

Biodigestão anaeróbica 116, 119, 121, 124, 125

Bioenergia 116, 127

Biofilme 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13

Biosurfactante 92, 95, 98, 99, 100, 105

C

Capsaicina 55, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66

Caracterização morfocultural 49, 53

Cemitério 14, 15, 17, 18, 19

Cerrado 65, 67, 134, 135, 136, 137, 145, 146

Clostridium difficile 81

Coliformes 14, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 110, 115

Contaminação 7, 14, 17, 19, 24, 25, 92, 114, 117, 141

E

Enterobactérias 106, 108, 112, 114

Enzimas 11, 44, 69, 70, 73, 74, 75, 77, 78, 98, 120

Esporotricose 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35

F

Farinha de mandioca 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27

Fungos 25, 33, 34, 50, 55, 69, 70, 75, 76, 77, 78, 81, 130, 134, 135, 142, 144, 146

H

Hidrólise de milho 75

I

Infecções associadas 38, 40, 41, 42

Ivermectina 130, 132

K

Klebsiela sp 81

M

Metano 116, 118, 119, 121, 122, 124, 125, 127, 128

P

Patógenos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 30, 55, 63, 64, 129, 130, 132, 134, 135, 141, 142

Pediculoses 130

Petróleo 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101

Pets não convencionais 130, 132

Piolhos 129, 130, 131, 132

Prevenção e controle 38, 40, 45, 147

Proteus sp 61, 81

R

Ramnolipídeos 92

Reservatório 7, 15, 25, 106, 107, 108

Resistência antimicrobiana 38, 40, 42, 56

S

Segurança alimentar 20, 25, 27

Sepsis 81, 90

Serratia sp 81

Sporothrix brasiliensis 28, 29, 31, 32, 33, 35, 36, 37

Stryphnodendron sp 134, 135, 140

T


Transmissão felina 28, 30

MICROBIOLOGIA:

Clínica, Ambiental e Alimentos

2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

MICROBIOLOGIA:

Clínica, Ambiental e Alimentos

2



www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 

 **Atena**
Editora

Ano 2021