

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia,
controle e importância médica dos insetos 2

José Max Barbosa Oliveira-Junior

Lenize Batista Calvão

(Organizadores)




Ano 2022

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia,
controle e importância médica dos insetos 2

José Max Barbosa Oliveira-Junior

Lenize Batista Calvão

(Organizadores)



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Biológicas e da Saúde**

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

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

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

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

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



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



Entomologia: estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: José Max Barbosa Oliveira-Junior
Lenize Batista Calvão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E61 Entomologia: estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2 / Organizadores José Max Barbosa Oliveira-Junior, Lenize Batista Calvão. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0616-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.167221410>

1. Biodiversidade. 2. Fisiologia. 3. Insetos. I. Oliveira-Junior, José Max Barbosa (Organizador). II. Calvão, Lenize Batista (Organizador). III. Título.

CDD 577

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



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



APRESENTAÇÃO

O e-book “**Entomologia: Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia, controle e importância médica dos insetos 2**” é composto por sete capítulos, que abordam temas relevantes sobre diversos insetos que causam danos a vegetais, incluindo os que são de importância econômica, uso adequado e cauteloso de agrotóxicos, além de estudo de caso de cultivo de bioagentes para controle de pragas. É fundamental que os incentivos financeiros sejam devidamente aplicados no avanço de conhecimento científico para políticas públicas associadas ao manejo adequado em um contexto econômico, médico e veterinário.

Nesse contexto, o **capítulo I** apresenta as estimativas do tempo de desenvolvimento de *Amblypelta nítida* (Hemiptera: Coreidae), um *fruitspotting bug* (FSB) nativo da Austrália que ataca principalmente macadâmia, citros, abacate, pinha, lichia, maracujá, mamão e manga. O tempo de desenvolvimento foi estimado com base nas demandas térmicas ovo-adulto. Identificar anualmente o ciclo desses insetos é fundamental para defesa das plantas atacadas. O **capítulo II** identifica a seleção de princípios ativos de agrotóxicos para o uso de controle químico para o manejo sustentável de *Anastrepha curvicauda* Gertaecker, 1860 (*syn. Toxotrypana curvicauda*) (Diptera: Tephritidae) em cultivo de mamão no Brasil. Sem dúvida essa abordagem auxilia nos planos futuros de enfrentamento no controle da sua entrada no país e também no uso adequado e cauteloso de substâncias que podem ser prejudiciais ao meio ambiente se não manejado de forma adequada. O **capítulo III** sintetiza estudos de aplicação de terapia fotodinâmica antimicrobiana contra diversos patógenos. Um organismo modelo é *Galleria mellonella*, um lepidóptero da família *Pyrilidae*, com grande destaque nas pesquisas envolvendo essa abordagem. O **capítulo IV** avalia relações e variações no tamanho corporal do inseto *Hedypathes betulinus* Klug (1825) (Coleoptera: Cerambycidae). Esse estudo tem implicações importantes em um contexto ecológico e econômico uma vez que o inseto causa a broca da erva-mate. O **capítulo V** demonstra que *Scirtothrips dorsalis* Hood, 1919 (Thysanoptera: Thripidae) é um inseto polífago que ataca plantas de importância econômica, e que já causou viroses na América do Sul, por isso prospectar informações preventivas sobre o inseto é fundamental para estabelecer estratégias de manejo. Foram estimadas as quantidades de gerações do inseto sujeitas aos desenvolvimentos nos períodos de maior disponibilidade de flores/frutos da macadâmia. O **Capítulo VI** aborda a importância de aproximar a população dos conhecimentos sobre a doença de Chagas, considerada infecciosa parasitária, orientando como evitar a disseminação desse vetor, bem como destaca a importância de uma vigilância entomológica efetiva. Por fim, o **capítulo VII** demonstra resultados promissores com cultivo de bioagentes como Nematoides entomopatogênicos (NEPs) que são parasitas obrigatórios de insetos e podem ser usados como ferramentas no controle de pragas de

importância agrícola, médica e veterinária.

Esse conjunto de artigos publicados pela Atena Editora traz temas atuais e relevantes.

A você leitor e leitora, desejamos uma excelente leitura!

José Max Barbosa Oliveira-Junior

Lenize Batista Calvão

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ESTIMATIVAS DO DESENVOLVIMENTO DE *Amblypelta nitida* POR DEMANDAS TÉRMICAS EM ÁREA DE MACADÂMIA DE SÃO PAULO

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Rafael Mingoti

Leonardo Massaharu Moriya

Pedro Luís Blasi de Toledo Piva

Micaela de Souza Diogo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214101>

CAPÍTULO 2..... 14

ESTRATÉGIAS PROSPECTIVAS DE USO DE CONTROLE QUÍMICO PARA O MANEJO SUSTENTÁVEL DE *Anastrepha curvicauda* EM MAMÃO

Vera Lucia Ferracini

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Rafael Mingoti

Giovanna Galhardo Ramos

Bárbara de Oliveira Jacomo

Marco Antonio Ferreira Gomes

Jeanne Scardini Marinho-Prado

Beatriz de Aguiar Giordano Paranhos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214102>

CAPÍTULO 3..... 51

O USO DA *Galleria mellonella* COMO MODELO EXPERIMENTAL PARA TERAPIA FOTODINÂMICA ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO DE LITERATURA


Bruno Luís Lima Soares

Bruno Vinicius Daquila

Bárbara Emanoele Costa Oliveira

Luís Cláudio Nascimento da Silva

Helio Conte

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214103>

CAPÍTULO 4..... 63

MORFOMETRIA DE APÊNDICES LOCOMOTORES DAS FÊMEAS DE *HEDYPATHES BETULINUS* KLUG (1825) (COLEOPTERA: CERAMBYCIDAE).

Marcelo Costa

Maria Eliza Miyoko Tomotake

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214104>

CAPÍTULO 5..... 71

Scirtothrips dorsalis E PROSPECÇÃO DE SEU DESENVOLVIMENTO EM CONDIÇÃO TÉRMICA DE DOIS CÓRREGOS, SP

Maria Conceição Peres Young Pessoa

Leonardo Massaharu Moriya

Rafael Mingoti
Jeanne Scardini Marinho-Prado
Pedro Luís Blasi de Toledo Piva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214105>

CAPÍTULO 6..... 90

MÉTODOS DE CONTROLE DE TRIATOMÍNEOS


Gledson Micael da Silva Leite
Francisco Roberto de Azevedo
Estelita Lima Cândido

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214106>

CAPÍTULO 7..... 101

NEMATOIDE ENTOMOPATOGÊNICO: UM RESUMO

Laura Vaillant Ribeiro Mauri
Alixelhe Pacheco Damascena
Dirceu Pratissoli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.1672214107>

SOBRE OS ORGANIZADORES 114

ÍNDICE REMISSIVO..... 115

O USO DA *Galleria mellonella* COMO MODELO EXPERIMENTAL PARA TERAPIA FOTODINÂMICA ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 02/09/2022

Bruno Luís Lima Soares

Programa de Pós-graduação em Odontologia,
Universidade CEUMA, São Luís, Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/6891648233983408>
<https://orcid.org/0000-0002-7840-1993>

Bruno Vinicius Daquila

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Biotecnologia, Genética
e Biologia Celular, Laboratório de Controle
Biológico e Bioprospecção de Insetos, Maringá,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7317834230980773>
<https://orcid.org/0000-0003-3540-3187>

Bárbara Emanoele Costa Oliveira

Programa de Pós-graduação em Odontologia,
Universidade CEUMA, São Luís, Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7100863072643616>
<http://orcid.org/0000-0002-6693-360X>

Luís Cláudio Nascimento da Silva

Programa de Pós-graduação em Biologia
Microbiana, Universidade CEUMA, São Luís,
Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/601685082050062>
<https://orcid.org/0000-0002-4206-0904>

Helio Conte

Universidade Estadual de Maringá,
Departamento de Biotecnologia, Genética
e Biologia Celular, Laboratório de Controle
Biológico e Bioprospecção de Insetos, Maringá,
Paraná, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7805899028515988>
<https://orcid.org/0000-0002-2090-0554>

RESUMO: A terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT) é baseada na administração local ou sistêmica de um fotossensibilizador não tóxico seguido por irradiação com um comprimento de onda específico para gerar espécies reativas de oxigênio (ROS), principalmente oxigênio singlete. Atualmente, modelos experimentais de animais que possibilitem estudos em larga escala são essenciais para as pesquisas com terapia fotodinâmica antimicrobiana, dentre os modelos alternativos de animais, a *Galleria mellonella*, um lepidóptero da família *Pyrallidae*, tem tido grande destaque nas pesquisas envolvendo terapia fotodinâmica. O objetivo deste estudo foi descrever, através de uma revisão de literatura, a utilização deste modelo experimental nas pesquisas envolvendo a terapia fotodinâmica antimicrobiana. foram consultadas as bases de dados PubMed e Google acadêmico, limitando de 2002 a 2022, utilizando os descritores *Galleria mellonella*, photodynamic therapy (terapia fotodinâmica) e antimicrobial (antimicrobiana) em inglês e de forma combinada. Esta seleção foi realizada por um único examinador, inicialmente feito pela leitura dos resumos, seguida pela leitura completa dos artigos. Ao total foram encontrados 16 documentos no Pubmed e 59 no Google Acadêmico, sendo incluídos o total de 19 documentos para este trabalho, sendo 1 tese de doutorado. Pode-se concluir que os modelos alternativos de *G. mellonella* podem ser muito interessantes para o estudo e avanço da terapia fotodinâmica antimicrobiana contra diversos patógenos.

PALAVRAS-CHAVE: aPDT. Insetos. Modelos animais alternativos. Laser. Saúde.

THE USE OF *Galleria mellonella* WITH EXPERIMENTAL MODEL TO ANTIMICROBIAL PHOTODYNAMIC THERAPY: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) is based in local or systemic administration of a non-toxic photosensitizer, followed for the irradiation with a specific wavelength to generate reactive oxygen species (ROS), mainly singlet oxygen. Currently, experimental animal models that allow large-scale studies are essential for research with antimicrobial photodynamic therapy, among alternative animal models, we highlight *Galleria mellonella* insect, a lepidopteran of the Pyralidae family, that has been used in research involving photodynamic therapy. The aim of this study was to describe, through a literature review, the use of this experimental model in research involving antimicrobial photodynamic therapy. For that, PubMed and Google Scholar databases were consulted, limited from 2002 to 2022, using the descriptors *Galleria mellonella*, photodynamic therapy (photodynamic therapy) and antimicrobial (antimicrobial) in English, individually or in a combined manner. This selection was performed by a single examiner, initially by reading the abstracts, followed by the complete reading of the articles. In total, 16 documents were found on PubMed and 59 on Google Scholar. After selection, 18 articles and 1 doctoral thesis was used for the development for this work. It can be concluded that alternative models of *G. mellonella* can be very interesting for the study and advancement of antimicrobial photodynamic therapy against various pathogens.

KEYWORDS: aPDT. Insects. Alternative animal models. Laser. Health.

INTRODUÇÃO

A terapia fotodinâmica antimicrobiana (antimicrobial photodynamic therapy, aPDT) é baseada na administração local ou sistêmica de um fotossensibilizador atóxico (como por exemplo, laranja de acridina, porfirinas, rosa bengala, azul de toluidina (TBO), azul de metileno (MB)), seguido pela irradiação com um comprimento de onda específico para produção de espécies reativas de oxigênio (reactives oxygen species, ROS), principalmente oxigênio singleto. Uma das vantagens desse recurso é o uso seguro e livre da indução de resistência microbiana (KUCINSKA et al., 2017).

Atualmente, modelos experimentais animais que possibilitem estudos em larga escala são essenciais para as pesquisas com aPDT, tendo em vista a grande disponibilidade de candidatos a fotossensibilizadores e de formulações inovadoras, bem como a necessidade de se entender os mecanismos de ação da aPDT na célula-alvo e no tecido hospedeiro (KUCINSKA et al., 2017). Contudo, diante as questões éticas relacionadas ao uso de vertebrados em pesquisas científicas, faz-se necessário o uso de modelos alternativos. Deste modo, a utilização de invertebrados como modelos alternativos têm demonstrado destaque.

Entre os invertebrados utilizados como modelos, destacamos o inseto *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae), conhecida popularmente como traça-da-cera. Seu uso como inseto modelo foi estabelecido em 1975, por Kropinski e Chadwick

(KROPINSKI e CHADWICK, 1975) e deste então, tem tido destaque em pesquisas envolvendo a aPDT (**Fig. 1**).

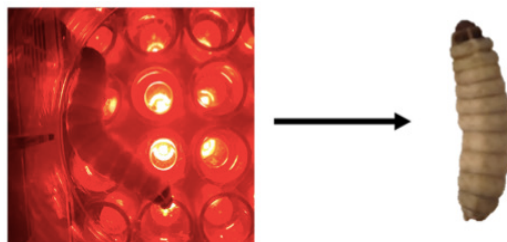


Figura 1. Terapia Fotodinâmica Antimicrobiana (aPDT) em larvas da *Galleria mellonella* (adaptado de GRIZANTE BARIÃO et al., 2022).

G. mellonella é um lepidóptero holometábolo que possui quatro fases de desenvolvimento: ovo, larva, pupa e adulto; sendo a fase larval, ideal para experimentação. Nessa fase, os insetos possuem tamanhos que variam de 1,5-2,5 cm de comprimento e de 150-200 mg de peso (KAVANAGH e FALLON, 2010). Seu ciclo de vida é considerado rápido, entre 6-8 semanas; as fêmeas adultas tem alta taxa de oviposição, cerca de 100 ovos. Os adultos possuem dimorfismo sexual (macho e fêmea); a fêmea possui coloração mais escura e é maior que o macho; esses alimentam-se de pólen ou cera de abelha, característica que resulta em um baixo custo para manutenção das criações laboratoriais (KWADHA et al, 2017).

Quando comparados a outros modelos experimentais, as larvas de *G. mellonella* possuem algumas vantagens, como tolerância a temperaturas entre 25° e 37° C, o que permite o estudo do microrganismo à temperatura que causa infecção humana, e o tamanho adequado para inoculação dos microrganismos, permitindo uma padronização precisa do inóculo microbiano (TREVIJANO-CONTADOR e ZARAGOZA, 2014). Este modelo animal também pode ser utilizado para análise da resposta imunológica do hospedeiro frente à infecção, pois os invertebrados possuem sistema imune com similaridades funcionais e estruturais ao dos mamíferos (FUCHS et al., 2010).

Tendo em vista às vantagens do modelo *G. mellonella* para estudar o tratamento das infecções microbianas, o objetivo deste estudo foi desenvolver uma revisão de literatura sobre a utilização desse modelo experimental nas pesquisas envolvendo aPDT.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desta revisão de literatura, foram consultadas as bases de dados PubMed (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>) e Google acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), limitando-se entre os anos de 2002 e 2022. Foram utilizados os descritores: *Galleria mellonella*, photodynamic therapy (terapia fotodinâmica) e antimicrobial

(antimicrobiana) de forma isolada ou combinada. Esta seleção foi realizada por um único examinador, inicialmente feito pela leitura dos resumos, seguida pela leitura completa dos artigos. Ao total foram encontrados 16 e 59 documentos nas bases PubMed Google Acadêmico, respectivamente. Ao final da leitura, 18 artigos e uma tese de doutorado foram selecionados para o desenvolvimento desta revisão de literatura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

G. mellonella (traça da cera de abelha) é um inseto holometábolo, ou seja, possui os estágios de ovo, larva, pupa e adulto. Seu período de desenvolvimento larval é de 40 dias em média, podendo variar devido a condições ambientais e ao suprimento alimentar (JORJÃO, 2016).

Atualmente, o uso da *G. mellonella* como modelo animal é mais generalizado para os estudos que envolvem microrganismos patogênicos, sendo uma alternativa valiosa em relação aos modelos animais (vertebrados), que são caros e envolvem diversos conflitos éticos (WAND et al., 2013). Seu uso é proposto como escolhas eficiente e de baixo custo, capaz de gerar dados confiáveis e reprodutíveis sobre a virulência microbiana (HORNSEY e WAREHAM, 2011).

G. mellonella possui um sistema relativamente avançado de defesas; um sistema imune inato complexo e células na hemolinfa que são capazes de encapsular e/ou fagocitar invasores microbianos, além de respostas adaptativas, que incluem a produção induzida de lisozimas e pequenos peptídeos antimicrobianos (RAMARAO et al., 2012).

Devido à tolerância a temperaturas entre 25° e 37° C (semelhante as observadas durante as infecções em humanos), além disso, a inoculação de patógenos e o desenvolvimento da infecção experimental em larvas da *G. mellonella* podem ser minuciosamente padronizadas e monitoradas pela análise de sobrevivência larval, os microrganismos recuperados e o desenvolvimento de análises histológicas dos tecidos obtidos dos hospedeiros (FUCHS et al, 2010; JORJÃO et al. 2018). Os insetos possuem hemolinfa, tecido extracelular com função correspondente ao sangue em mamíferos, como transporte de nutrientes, resíduos e moléculas sinalizadoras; na hemolinfa estão presentes os hemócitos (células presentes no sistema circulatório de invertebrados), que geralmente são as células de defesa da *G. mellonella*.

Larvas da *G. mellonella* são relativamente grandes em tamanho (12 -20 mm), o que permite a fácil manipulação e obtenção de tecido, como hemolinfa para as análises, além do sistema imunológico com um elevado grau de estruturas, sendo parecido estrutural e funcionalmente com sistema imune inato de vertebrados (LIONAKIS, 2011). *G. mellonella* é um modelo ideal para aPDT *in vivo*: o fotossensibilizador pode ser injetado diretamente na hemolinfa do inseto; seu corpo relativamente translúcido facilita o fornecimento de luz, ativando o fotossensibilizador.

Chibebe-Junior et al (2013a) realizaram um estudo pioneiro utilizando a *G. mellonella* como modelo experimental para aPDT; nele aplicaram azul de metileno como fotossensibilizador (methylene blue, MB), com comprimento de onda de 660nm. Delimitaram inicialmente um conjunto preliminar de experimentos com diferentes grupos de larvas que receberam a inoculação do patógeno *Enterococcus faecium* e, posteriormente, doses diferentes de aPDT. A hipótese deste trabalho é que doses mais elevadas de aPDT poderiam promover danos nos tecidos do hospedeiro ou na resposta imunológica dele. Quando uma dose baixa de aPDT foi utilizada, ela foi eficaz na morte dos microrganismos e tolerada pelas larvas sem toxicidade. O estudo concluiu que este modelo animal invertebrado forneceu uma nova e valiosa ferramenta para explorar tratamentos combinatórios baseados em aPDT.

A *G. mellonella* também tem sido utilizada com sucesso para estudar patogênese e infecção por diferentes espécies de fungos, tais como *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans*, *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus flavus* e *Aspergillus fumigatus*. Nesta pesquisa de 2013 (CHIBEBE JUNIOR et al., 2013b) a larva foi utilizada como um hospedeiro para o estudo *in vivo* do efeito antifúngico da aPDT com o fotossensibilizador MB, com comprimento de onda de 660nm, bem como o estudo da terapia combinada usando aPDT e um medicamento antifúngico convencional. A conclusão principal desse estudo é que o modelo experimental *G. mellonella* - *C. albicans* é adequado para estudar aPDT antifúngico e para explorar tratamentos combinatórios baseados em aPDT.

Merigo et al. (2017) avaliaram a aplicação de diferentes comprimentos de onda de laser com ou sem três corantes fotossensibilizadores (eritrosina, curcumina e TBO), em células de *C. albicans in vitro* e em protocolos aPDT *in vivo*, utilizando larvas experimentalmente infectadas da *G. mellonella*. Três protótipos de laser, cuja potência óptica foi medida com um medidor de potência (PM-200, Thorlabs), foram utilizados para este estudo: um laser de diodo vermelho (tamanho de ponto 0,2 cm²), comprimento de onda 650 nm, para ser utilizado com o TBO; um laser de diodo azul-violeta (tamanho de ponto 0,2 cm²), comprimento de onda 405 nm, para ser utilizado com curcumina; um laser de diodo verde (tamanho de ponto 0,785 cm²), comprimento de onda 532 nm, para ser utilizado com eritrosina. Larvas de *G. mellonella* no último instar larval foram selecionadas por seu peso (350 ± 20 mg) e ausência de pigmentação da cutícula, foram então divididas aleatoriamente em 14 grupos (16 larvas/grupo) para avaliar a ausência de toxicidade dos corantes e a eficácia do aPDT após infecção com *C. albicans*. Um grupo adicional serviu como controle.

A resposta imunológica dos insetos demonstra semelhanças estruturais e funcionais com a resposta imunológica inata dos mamíferos e, em particular, os hemócitos de insetos e os neutrófilos de mamíferos tem demonstrado de forma semelhante a fagocitose e morte de patógenos. Esses estudos demonstraram que o aPDT pode estimular no hospedeiro mecanismos de defesa através da atração e acumulação de neutrófilos para a região

infectada. Isto pode explicar, pelo menos em parte, os resultados obtidos em *G. mellonella*.

Como os estudos *in vivo* são cruciais para a avaliação da patogenicidade dos microrganismos e desenvolvimento de tratamentos alternativos, Santos et al. verificaram a eficácia do aPDT contra a infecção experimental por *Porphyromonas gingivalis* no modelo da *G. mellonella* (DOS SANTOS et al., 2017a). *P. gingivalis* é descrito como um “patógeno fundamental” na periodontite crônica. As larvas da *G. mellonella* foram irradiadas em uma placa de cultura de 24 poços, onde receberam a injeção do fotossensibilizador (MB, 10 μ L) 90 minutos após a infecção bacteriana (**Fig. 2**). Para a realização da irradiação foram espaçados mais 30 minutos para permitir uma boa dispersão do fotossensibilizador pelo organismo do inseto, com Laser de Gálio-Arsênio-Alumínio, comprimento de onda de 660 nm.

Além disso, nesse estudo foi investigada a capacidade do aPDT (LED vermelho, 660nm) em dar uma resposta imune à *G. mellonella* através da avaliação das mudanças no número de hemócitos disponíveis. Os resultados sugeriram que o aPDT tem algum efeito imunomodulador no modelo da *G. mellonella* (DOS SANTOS et al., 2017b). Também mostraram que a *G. mellonella* é um modelo adequado para o estudo de patógenos periodontais, bem como terapias alternativas, indicando a importância de estudos adicionais empregando diferentes ensaios (fagocitose, análise da produção de peptídeos antimicrobianos e culturas de tecidos) que possam permitir analisar tanto o hospedeiro como o microrganismo, a fim de elucidar características da virulência de *P. gingivalis*, como sua capacidade de induzir uma infecção periodontal persistente.

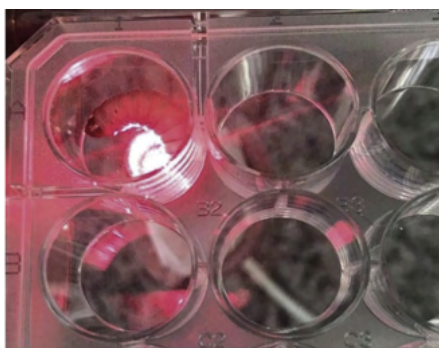


Figura 2. Larvas de *G. mellonella* irradiadas em uma placa de cultura de 24 poços (DOS SANTOS et al., 2017a).

Paziani et al (2019) empregaram a *G. mellonella* para estudar *in vivo* os efeitos da aPDT (laser de diodo vermelho, comprimento de onda 635 nm) com três fotossensibilizadores diferentes de fenotiazíno, MB, novo azul de metileno N e o pentacíclico S137, contra a infecção por microconídios de *Fusarium keratoplasticum* e *Fusarium moniliforme*, fungos filamentosos comuns no ambiente e causam micose, tanto em animais como em plantas.

As infecções humanas incluem micetomas, ceratites e onicomicose, enquanto a micose mais profunda ocorre em pacientes imunocomprometidos.

A terapia fotodinâmica antimicrobiana com MB (1500 μM), novo azul de metileno (200 μM) e o derivado pentacíclico S137 (200 μM) não demonstraram toxicidade ou apresentam baixa toxicidade para as larvas da *G. mellonella* e aumentaram a sobrevivência das larvas infectadas com microconídios de *F. keratoplasticum* e *F. moniliforme*. O aumento da sobrevivência larval foi devido à redução da carga fúngica inerente e ao aumento da resposta imunitária celular (PAZIANI et al., 2019).

Figueiredo-Godoi et al (2019) avaliou a ação do aPDT (laser de Gálio-Arsênio-Alumínio, comprimento de onda de 660 nm) sobre a candidíase experimental e o impacto do laser no tecido, usando a *G. mellonella* como modelo de infecção, mediado pelo fotossensibilizador MB. O uso de aPDT no controle de *C. albicans* provou ser eficiente tanto para microrganismos em forma planctônica quanto para aqueles organizados em biofilmes. A aplicação do aPDT foi encontrada para melhorar a ativação de células específicas através da melhoria da resposta imunitária. Todos os insetos selecionados eram de cor clara e livres de melanização, processo que pode indicar o envolvimento de um processo infeccioso nas larvas, algo que influenciaria o resultado do experimento. Aqui, concluíram que o aPDT e a irradiação laser influenciaram positivamente a melhoria da infecção de *C. albicans* em *G. mellonella*. Além disso, *G. mellonella* provou ser um potencial hospedeiro modelo para avaliar a correlação entre a baixa penetração e a eficácia do aPDT.

Estudos *in vivo* usando modelos de invertebrados são ferramentas importantes que têm sido amplamente utilizadas e tornaram-se uma alternativa muito promissora para ensaios de toxicidade. As vantagens de propor modelos de larvas da *G. mellonella* são seu baixo custo, facilidade de execução e triagem de alto rendimento para ativos em relação à toxicidade e virulência. Os resultados do estudo de Sanches et al. (2019) mostraram uma redução nas contagens de *Streptococcus mutans* quando a diacetilcurcumina (DAC) foi utilizada como fotossensibilizador para aPDT (LED azul, comprimento de onda 440–480nm) *in vivo*. Esses resultados corroboram os de ChibebeJunior et al. (2013) e Dos Santos et al. (2017), que também apresentaram redução do número de bactérias após a aplicação de aPDT *in vivo* utilizando a *G. mellonella* como modelo experimental. Segundo Chibebe Junior et al. (2013), o uso de aPDT leva a danos nas paredes celulares bacterianas, facilitando assim a fagocitose pelos hemócitos de *G. mellonella*. Como o DAC possui grupos lipofílicos, é também esperado que haja maior penetração através das biomembranas bacterianas (Sanches et al., 2019)

Huang et al. (2020) investigaram a segurança para a administração de aPDT no modelo animal *G. mellonella* com dois diferentes fotossensibilizadores: ácido 5-aminolevulínico (ALA) e azul de metileno (MB) em concentrações seriadas (10 mM a 500 mM) infectadas por *Fonsecaea monophora*. O aPDT mediado por ALA se mostrou atóxico em comparação com aPDT mediada por MB. De fato, a aPDT mediada por ALA poderia

salvar *G. mellonella* da infecção fúngica de *F. monophora*, uma vez que, o ALA-aPDT poderia aumentar a densidade e a suscetibilidade dos hemócitos a patógenos, investigações de infecção em modelos de *G. mellonella* são benéficos para a compreensão do efeito imunorregulador mediado por aPDT. Em geral, este estudo implica que a implementação de aPDT em *G. mellonella* facilita a compreensão detalhada da propriedade antimicrobiana e imunomoduladora da aPDT (HUANG et al., 2020).

Atualmente, a aPDT tópica é um tratamento eficaz para várias doenças de pele, incluindo infecções bacterianas, micoses e psoríase. Além disso, a aPDT também é usada para tratar câncer de pele não-melanoma e pode ser uma potente ferramenta para melanoma, associados a outros tratamentos. No trabalho realizado por De França (DE FRANÇA ET AL, 2020), foi avaliada a fotoatividade antitumoral de um novo fotossensibilizador à base de pireno (TPPy) utilizando a linhagem celular de melanoma murino (B16F10). Para determinar a toxicidade *in vivo*, foi utilizado a *G. mellonella* como modelo animal alternativo de estudo. Os resultados mostraram que TPPy é um fotossensibilizador promissor para aplicação em aPDT (LED azul, comprimento de onda 440–480nm), com potencial fotoatividade antitumoral (IC50 6,5 μ mol L⁻¹), ausência de toxicidade no modelo de *G. mellonella* em maior concentração (70,0 mmol L⁻¹) e a tendência de acúmulo nos sítios epidérmicos e dermicos (165,20 \pm 4,12 ng/cm²).

Klebsiella pneumoniae é um dos patógenos gram-negativos mais relevantes associadas a infecções antibiótico-resistentes hospitalares e adquiridas na comunidade. Dentre essas, algumas cepas de *K. pneumoniae* também apresentam fenótipo hiper mucoviscoso que geralmente fornece a capacidade de evitar respostas imunes no hospedeiro. Com base no potencial antimicrobiano da aPDT com MB, com duas fontes de luz distintas, LED azul com 410 nm e LED vermelho com 660 nm, Dos Anjos et al. (2020) investigaram a capacidade de inativar cepas hvKp/hmKp de *K. pneumoniae*, incluindo linhagens de ST23 global e capsular sorotipo K1. Além disso, compararam a sensibilidade das cepas hvKp/hmKp em relação a uma cepa de controle não-hipermucoviscosa para investigar se este poderia levar a uma sensibilidade distinta à fotoinativação. Neste estudo também foi possível observar o grau de virulência das cepas hiper mucoviscosas, uma vez que essas causaram mortalidade de 100% das larvas de *G. mellonella* 24 h após a infecção, resultando em taxa de mortalidade significativamente maior quando em comparação com a cepa de controle não hiper mucoviscosa de *K. pneumoniae* (ATCC 700603).

Um estudo conduzido por Garcez et al (2021), utilizou a Criotomografia Eletrônica (ECT) e imagens fluorescentes para avaliar a aPDT na arquitetura do envelope de uma bactéria gram-negativa e os efeitos da terapia combinada de aPDT com MB e antibióticos. Para o experimento *in vivo*, larvas de *G. mellonella* foram infectadas com *Escherichia coli* e tratadas com antibióticos, aPDT (LED vermelho, comprimento de onda 660 nm) ou terapia combinada. As imagens de ECT apresentaram danos nas paredes celulares e estruturas das vesículas dentro e fora da bactéria e as imagens fluorescentes mostraram efeito dose-

dependente da aPDT. O antibiótico ou aPDT sozinhos não melhoraram a sobrevivência das larvas, mas a terapia combinada aumentou significativamente a curva de sobrevivência.

Recentemente (GRIZANTE BARIÃO et al., 2022) investigaram os efeitos *in vitro* e *in vivo* do aPDT (LED vermelho, comprimento de onda 660 nm.) com quatro fotossensibilizadores de fenotiazínio: (I) azul de metileno (MB), (II) azul de toluidina (TBO), e dois derivados de MB, (III) novo azul de metileno (NMBN) e (IV) o derivado pentacíclico S137, contra *Candida auris*. Para medir a eficácia *in vitro* de cada fotossensibilizador, foram determinadas as concentrações inibitórias mínimas (MICs) e a fração de sobrevivência. Também, a eficiência do aPDT foi avaliada *in vivo* com o modelo experimental de *G. mellonella* para infecção e tratamento. Embora a cepa de *C. auris* utilizada nesse estudo tenha se mostrado resistente aos antifúngicos clínicos mais comumente utilizados, ela não pôde suportar os danos impostos pelo aPDT com nenhum dos quatro fotossensibilizadores. Entretanto, para o modelo *in vivo*, apenas o aPDT realizado com S137 permitiu a sobrevivência das larvas infectadas de *G. mellonella*. Esses resultados mostraram que as propriedades estruturais e químicas dos fotossensibilizadores desempenham um papel importante nos resultados do aPDT *in vivo* e ressaltam a necessidade de sintetizar e desenvolver novos.

Por fim, a utilização de *G. mellonella* como modelo experimental *in vivo* para terapia fotodinâmica antimicrobiana é eficaz, permitindo a utilização de diversos microrganismos patogênicos (**Tab. 1**), com variadas fontes de luz (**Tab. 2**) bem como a replicação dos estudos em larga escala, sem envolver aspectos éticos limitantes, bem como a pesquisa e o desenvolvimento de diferentes fotossensibilizadores (**Tab. 3**).

Microrganismos	Referências
<i>Enterococcus faecium</i>	CHIBEBE JUNIOR, 2013a.
<i>Candida albicans</i>	CHIBEBE JUNIOR, 2013b; MERIGO et al. 2017; FIGUEIREDO-GODOI et al., 2019.
<i>Porphyromonas gingivalis</i>	DOS SANTOS et al., 2017a.
<i>Fusarium keratoplasticum</i>	PAZIANI et al., 2019.
<i>Fusarium moniliforme</i>	PAZIANI et al., 2019.
<i>Streptococcus mutans</i>	SANCHES et al., 2019.
<i>Fonsecaea monophora</i>	HUANG et al., 2020.
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	DOS ANJOS et al., 2020.
<i>Escherichia coli</i>	GARCEZ et al., 2021.
<i>Candida auris</i> .	GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.

Tabela 1. Microrganismos utilizados em estudos de terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT).

Fonte de luz e comprimento de onda	Referências
Non coherent light source (LumaCare, Newport Beach, CA), comprimento de onda 660 nm.	CHIBEBE JUNIOR, 2013a; CHIBEBE JUNIOR, 2013b.
Laser de diodo vermelho, comprimento de onda 635-650 nm.	MERIGO et al., 2017; PAZIANI et al., 2019.
Laser de diodo azul-violeta, comprimento de onda 405 nm.	MERIGO et al., 2017.
Laser de diodo verde, comprimento de onda 532 nm.	MERIGO et al., 2017.
Laser de Gálio-Arsênio-Alumínio vermelho, comprimento de onda de 660 nm.	DOS SANTOS et al., 2017a; FIGUEIREDO-GODOI et al., 2019.
LED vermelho, comprimento de onda 660 nm.	DOS SANTOS et al., 2017b; DOS ANJOS et al., 2020; GARCEZ et al., 2021; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
LED azul, comprimento de onda 410–480 nm.	SANCHES et al., 2019; DE FRANÇA et al., 2020; DOS ANJOS et al., 2020.

Tabela 2. Fontes de luz e comprimentos de onda utilizados em estudos de terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT).

Fotossensibilizador	Referências
Azul de metileno (MB)	CHIBEBE JUNIOR, 2013a; CHIBEBE JUNIOR, 2013b; DOS SANTOS et al., 2017a; PAZIANI et al., 2019; FIGUEIREDO-GODOI et al., 2019; HUANG et al., 2020; DOS ANJOS et al., 2020; GARCEZ et al., 2021; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
Azul de toluidina	MERIGO et al., 2017; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
Curcumina	MERIGO et al., 2017.
Eritrosina	MERIGO et al., 2017.
Novo azul de metileno	PAZIANI et al., 2019; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
Pentacíclico S137 (derivado de MB)	PAZIANI et al., 2019; GRIZANTE BARIÃO et al., 2022.
Diacetilcurcumina	SANCHES et al., 2019.
Ácido 5-aminolevulínico (ALA)	HUANG et al., 2020.
Fotossensibilizador à base de pireno (TPPy)	DE FRANÇA et al., 2020.

Tabela 3. Fotossensibilizadores utilizados em estudos de terapia fotodinâmica antimicrobiana (aPDT).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desse modo, pode-se concluir que o modelo alternativo *G. mellonella* podem ser muito interessantes para estudos e avanços da aPDT contra diversos patógenos. É importante ressaltar que esses modelos não excluem a necessidade de estudos em animais convencionais como mamíferos, mas reduzem significativamente o uso desses animais em pesquisas e fornecem informações importantes sobre o mecanismo de ação da aPDT nas bactérias, fungos e tecidos hospedeiros.

REFERÊNCIAS

- CHIBEBE JUNIOR, José et al. Photodynamic and antibiotic therapy impair the pathogenesis of *Enterococcus faecium* in a whole animal insect model. **PLoS One**, v. 8, n. 2, p. e55926, 2013a.
- CHIBEBE JUNIOR, Jose et al. Selective photoinactivation of *Candida albicans* in the non-vertebrate host infection model *Galleria mellonella*. **BMC microbiology**, v. 13, n. 1, p. 1-9, 2013b.
- DE FRANCA, Bruna Martins et al. In vitro Studies of Antitumor Effect, Toxicity/Cytotoxicity and Skin Permeation/Retention of a Green Fluorescence Pyrene-based Dye for PDT Application. **Photochemistry and Photobiology**, v. 97, n. 2, p. 408-415, 2021.
- DOS SANTOS, Jéssica Diane et al. Immunomodulatory effect of photodynamic therapy in *Galleria mellonella* infected with *Porphyromonas gingivalis*. **Microbial pathogenesis**, v. 110, p. 507-511, 2017.
- DOS ANJOS, Carolina et al. Hypervirulent and hypermucoviscous strains of *Klebsiella pneumoniae* challenged by antimicrobial strategies using visible light. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 56, n. 1, p. 106025, 2020.
- FIGUEIREDO-GODOI, Livia Mara Alves et al. Exploring the *Galleria mellonella* model to study antifungal photodynamic therapy. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 27, p. 66-73, 2019.
- FUCHS, Beth Burgwyn et al. Methods for using *Galleria mellonella* as a model host to study fungal pathogenesis. **Virulence**, v. 1, n. 6, p. 475-482, 2010.
- GARCEZ, Aguinaldo S. et al. Effects of antimicrobial photodynamic therapy on antibiotic-resistant *Escherichia coli*. **Photodiagnosis and photodynamic therapy**, v. 32, p. 102029, 2020.
- GRIZANTE BARIÃO, P. H. et al. In vitro and in vivo photodynamic efficacies of novel and conventional phenothiazinium photosensitizers against multidrug-resistant *Candida auris*. **Photochemical & Photobiological Sciences**, 11 jul. 2022.
- HUANG, Xiaowen et al. Antimicrobial and immunomodulatory responses of photodynamic therapy in *Galleria mellonella* model. **BMC microbiology**, v. 20, n. 1, p. 1-8, 2020.
- HORNSEY, M.; WAREHAM, D. W. In vivo efficacy of glycopeptide-colistin combination therapies in a *Galleria mellonella* model of *Acinetobacter baumannii* infection. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 55, n. 7, p. 3534-3537, 2011.
- JORJÃO, Adeline Lacerda. Metodologia da criação de *Galleria mellonella* para uso como modelo de infecção e efeitos de *Lactobacillus rhamnosus* inativado pelo calor in vivo e in vitro, desafiados por *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. 2016.
- JORJÃO, Adeline L. et al. From moths to caterpillars: Ideal conditions for *Galleria mellonella* rearing for in vivo microbiological studies. **Virulence**, v. 9, n. 1, p. 383-389, 2018.
- KAVANAGH, Kevin; FALLON, John P. *Galleria mellonella* larvae as models for studying fungal virulence. **Fungal Biology Reviews**, v. 24, n. 1-2, p. 79-83, 2010.

KROPINSKI, A. M. B.; CHADWICK, J. S. The pathogenicity of rough strains of *Pseudomonas aeruginosa* for *Galleria mellonella*. **Canadian journal of microbiology**, v. 21, n. 12, p. 2084-2088, 1975

KUCINSKA, Malgorzata; MURIAS, Marek; NOWAK-SLIWINSKA, Patrycja. Beyond mouse cancer models: Three-dimensional human-relevant in vitro and non-mammalian in vivo models for photodynamic therapy. **Mutation Research/Reviews in Mutation Research**, v. 773, p. 242-262, 2017.

KWADHA, Charles A. et al. The biology and control of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. **Insects**, v. 8, n. 2, p. 61, 2017.

LIONAKIS, Michail S. *Drosophila* and *Galleria* insect model hosts: new tools for the study of fungal virulence, pharmacology and immunology. **Virulence**, v. 2, n. 6, p. 521-527, 2011.

MERIGO, Elisabetta et al. Effect of different wavelengths and dyes on *Candida albicans*: In vivo study using *Galleria mellonella* as an experimental model. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 18, p. 34-38, 2017.

PAZIANI, Mario Henrique et al. Antimicrobial photodynamic therapy with phenothiazinium photosensitizers in non-vertebrate model *Galleria mellonella* infected with *Fusarium keratoplasticum* and *Fusarium moniliforme*. **Photodiagnosis and Photodynamic Therapy**, v. 25, p. 197-203, 2019.

RAMARAO, Nalini; NIELSEN-LEROUX, Christina; LERECLUS, Didier. The insect *Galleria mellonella* as a powerful infection model to investigate bacterial pathogenesis. **JoVE (Journal of Visualized Experiments)**, n. 70, p. e4392, 2012.

SANCHES, Carolina Veronez Garbúggio et al. *Diacetylcurcumin*: a new photosensitizer for antimicrobial photodynamic therapy in *Streptococcus mutans* biofilms. **Biofouling**, v. 35, n. 3, p. 340-349, 2019.

TREVIJANO-CONTADOR, Nuria; ZARAGOZA, Oscar. Expanding the use of alternative models to investigate novel aspects of immunity to microbial pathogens. **Virulence**, v. 5, n. 4, p. 454-456, 2014.

WAND, Matthew E. et al. Complex interactions of *Klebsiella pneumoniae* with the host immune system in a *Galleria mellonella* infection model. **Journal of medical microbiology**, v. 62, n. 12, p. 1790-1798, 2013.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agentes de controle biológico 101

Alometria 63, 64, 66, 67, 68

Amblyopelta nítida 1, 2

Anastrepha curvicauda 14, 15, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 44, 45

aPDT 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60

B

Bactérias 57, 60, 102, 103, 106

Brasil 2, 3, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 27, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 49, 51, 63, 65, 71, 72, 73, 75, 85, 91, 94, 95, 96, 97, 98, 101, 106, 114

C

Ciclo de vida 1, 3, 4, 6, 16, 17, 18, 53, 75, 76, 82, 83, 85, 92, 102, 104

Controle biológico 4, 12, 13, 19, 46, 51, 79, 94, 101, 105, 106

Controle vetorial 90, 91, 93, 94, 96

D

Defesa fitossanitária 19, 72

Demandas térmicas 1, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 71, 72, 75, 81, 83, 84, 85

Desenvolvimento 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 17, 18, 21, 36, 39, 45, 46, 47, 53, 54, 56, 59, 71, 72, 75, 76, 78, 79, 81, 82, 83, 84, 85, 92, 95, 97, 102, 103, 104, 109, 114

Doença de Chagas 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99

E

Entomopatogênico 80, 101

Estimativas numéricas 2, 4, 5

F

Fruitspotting bug (FDB) 1, 2

G

Galleria mellonella 51, 52, 53, 61, 62, 101, 106, 110, 113

Graus-dias 2, 6, 81

H

Hedypathes betulinus 63, 64, 65, 67, 68, 69

Hospedeiro 18, 19, 20, 52, 53, 55, 56, 57, 58, 76, 91, 95, 101, 102, 103, 104, 105, 108, 109

I

Ilex paraguariensis 63, 64, 65

Insetos 1, 2, 4, 13, 18, 20, 21, 39, 44, 51, 53, 54, 55, 57, 63, 65, 77, 91, 92, 94, 95, 96, 99, 101, 102, 105, 108, 109, 114

Isometria 63, 64, 68

L

Laser 51, 52, 55, 56, 57, 60

M

Macadâmia 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 71, 73, 75, 77, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86

Manejo de pragas 101, 102, 105

Modelos animais alternativos 51

Morfometria 63, 69

Mosca do mamão 15

Multiplicação massal 101

N

Nematoide 101, 102, 107, 108

P

Praga quarentenária 13, 14, 15, 18, 43, 47, 71, 72, 75

Praga quarentenária ausente 14, 18, 43, 71, 72, 75

Prospecção 19, 45, 71, 72, 75, 81, 85

S

Saúde 51, 91, 96, 97, 98, 99

Scirtothrips dorsalis 71, 72, 73, 75, 78, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89

Simbiose 101

T

Tamanho 53, 54, 55, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 80, 109

Terapia fotodinâmica antimicrobiana 51, 52, 53, 57, 59, 60

Traça-da-cera 52

Triatominae 90, 91

Trypanosoma cruzi 90, 91, 97, 98

V

Vetor 3, 71, 72, 78, 90, 91, 93, 94, 95, 98, 99

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia,
controle e importância médica dos insetos 2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

ENTOMOLOGIA:

Estudos sobre a biodiversidade, fisiologia,
controle e importância médica dos insetos 2

🌐 www.atenaeditora.com.br

✉ contato@atenaeditora.com.br

📷 @atenaeditora

📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

