



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Uema
UNIVERSIDADE ESTADUAL
DO MARANHÃO



Editora
Uema

São Luís -MA
2025



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Construindo conhecimento: coletânea de revisões em ciência animal /
organizadores Rita de Maria Seabra Nogueira, Andréa Pereira da Costa,
Thais Bastos Rocha Serra. – São Luís: EDUEMA, 2025.
223 p: il. color.

Livro eletrônico
ISBN: 978-85-8227-653-2

Coletânea de produções acadêmicas dos estudantes de Programa de Pós-
graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual do Maranhão

1.Redação científica. 2.Medicina Veterinária Preventiva. 3.Reprodução
Animal. 4.Conservação. I.Nogueira, Rita de Maria Seabra. II.Costa, Andréa
Pereira da. III.Serra, Thais Bastos Rocha. IV.Título

CDU: 639.09:001.891



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



CONSELHO EDITORIAL

EDITOR RESPONSÁVEL

Jeanne Ferreira de Sousa da Silva

CONSELHO EDITORIAL

Alan Kardec Gomes Pachêco Filho

Ana Lucia Abreu Silva

Ana Lúcia Cunha Duarte

Cynthia Carvalho Martins

Eduardo Aurélio Barros Aguiar

Emanoel Cesar Pires de Assis

Fabíola Hesketh de Oliveira

Helciane de Fátima Abreu Araújo

Helidacy Maria Muniz Corrêa

Jackson Ronie Sá da Silva

José Roberto Pereira de Sousa

José Sampaio de Mattos Jr.

Luiz Carlos Araújo dos Santos

Marcos Aurélio Saquet

Maria Medianeira de Souza

Maria Claudene Barros

Rosa Elizabeth Acevedo Marin

Wilma Peres Costa

Nogueira, Rita de Maria Seabra; Costa, Andréa Pereira da; Serra, Thais Bastos Rocha.

São Luís: EDUEMA, 2025. p. 223, ISBN: 978-85-8227-653-2

Nogueira, Rita de Maria Seabra

São Luís: EDUEMA, 2025. p.

ISBN: 978-85-8227-653-2

EDITORA UEMA

Cidade Universitária Paulo VI - CP 09 Tirirical - CEP - 65055-970 São Luís – MA

www.editorauema.uema.br – editora@uema.br



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



APRESENTAÇÃO

A obra “**Construindo conhecimento: Coletânea de Revisões em Ciência Animal**” reúne trabalhos produzidos por discentes do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal- PPGCA da Universidade Estadual do Maranhão, no âmbito da disciplina **Redação Científica**.

As revisões de literatura aqui compiladas refletem a diversidade de temas estudados no Programa, com ênfase nas áreas de **Medicina Veterinária Preventiva, Reprodução e Conservação Animal**. Cada capítulo resulta do exercício de identificar, selecionar e organizar evidências científicas relevantes, promovendo a prática da escrita acadêmica e o desenvolvimento do pensamento crítico.

Mais do que um produto da atividade curricular, esta coletânea representa uma estratégia pedagógica que alia **formação técnica, produção científica e difusão do conhecimento**. Ao disponibilizar este material em formato digital, busca-se ampliar o alcance das discussões desenvolvidas no PPGCA, oferecendo subsídios tanto para a comunidade acadêmica quanto para profissionais interessados em atualizações na área de Ciência Animal.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



SUMÁRIO

A raiva como desafio da saúde pública e o papel dos morcegos: Revisão de Literatura	6
Ação tóxica da proteína PS1 de <i>Bacillus thuringiensis</i> (Berliner, 1911) sobre células tumorais: Revisão de Literatura	18
Anisakiase, um olhar sobre a zoonose emergente associada ao consumo de peixes: Revisão de Literatura	30
Aspectos clínicos e epidemiológicos da esporotricose felina: Revisão de Literatura ..	49
Complexo respiratório suíno – interações entre agentes primários e suas implicações: Revisão de Literatura	64
Contenção química em felinos selvagens: Revisão de Literatura	78
Leishmaniose visceral canina: Revisão de Literatura	91
Métodos de diagnóstico da leishmaniose visceral canina a partir da medula óssea: Revisão de Literatura	106
Nematódeos filarídeos em primatas neotropicais: Revisão de Literatura	117
Ocorrência de <i>Cichla</i> spp. e <i>Oreochromis niloticus</i> nas bacias hidrográficas maranhenses: Revisão de Literatura	132
Ocorrência e diversidade parasitária de monogenea em peixes de cultivo e de ambientes naturais da Amazônia Oriental.....	141
Principais agentes causadores de defeitos em peles de ovinos e caprinos na obtenção do couro: Revisão de Literatura.....	153
Uso da quercetina como antioxidante na maturação <i>in vitro</i> de embriões bovinos: Revisão de Literatura	166
Zoonoses associadas à criação de galinhas caipiras: Revisão de Literatura.....	183
β-lactâmicos e o cenário da resistência antimicrobiana na aquicultura: Revisão de Literatura	204



A raiva como desafio da saúde pública e o papel dos morcegos: Revisão de Literatura

Marxo Santana Guimarães Moraes¹; Elmary da Costa Fraga² Maria Claudene Barros²

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055 310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055 310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A raiva é uma zoonose viral aguda, letal para humanos e animais, que se manifesta predominantemente na forma neurológica, provocando encefalite progressiva e levando ao óbito após o início dos sintomas. O agente etiológico da raiva é um vírus do gênero *Lyssavirus*, pertencente à família *Rhabdoviridae*, no Brasil, existem variantes adaptadas a diferentes hospedeiros, como cães, morcegos hematófagos e não hematófagos. Nesse sentido, a presente revisão de literatura aborda a evolução histórica da raiva, características do agente etiológico, epidemiologia e o papel dos morcegos na manutenção e transmissão do vírus, especialmente em ambientes urbanos. O controle da doença baseia-se principalmente na vacinação de cães e gatos, além da vigilância ativa em populações de morcegos. Contudo, observa-se um aumento na importância epidemiológica dos ciclos silvestres, com morcegos não hematófagos emergindo como vetores relevantes, o que demanda estratégias adicionais de prevenção e controle, incluindo ações de manejo ambiental, diagnóstico precoce e intensificação das campanhas de imunização. A continuidade dos estudos sobre a dinâmica da raiva em quirópteros é essencial para mitigar riscos e aperfeiçoar as políticas públicas de saúde.

Palavras-chave: Vírus Rábico, Quirópteros, Zoonoses.

INTRODUÇÃO

A raiva é uma zoonose viral aguda de grande importância para a saúde pública, pois é altamente letal para humanos e animais. Após o início dos sintomas, a doença leva inevitavelmente à morte. Causada por um vírus de RNA da família *Rhabdoviridae* e do gênero *Lyssavirus*, a doença acomete todos os mamíferos, provocando uma encefalite progressiva aguda com lesões no sistema nervoso central (SNC). A transmissão ocorre principalmente pela saliva de animais infectados, através de mordeduras, e raramente, por arranhaduras ou lambedura de mucosas (BRASIL, 2008; Gong; He; Chen, 2012).

Mais de 200 vírus já foram identificados em morcegos (Mammalia, Chiroptera), incluindo membros das famílias *Rhabdoviridae*, *Flaviviridae* e *Coronaviridae* (Moratelli; Calisher, 2015). Esses animais, sendo os únicos mamíferos com a capacidade de voo ativo, conseguem superar barreiras geográficas e se adaptar a diferentes ambientes (Reis *et al.*,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



2017; Simmons; Cirranello, 2025). Essa capacidade de adaptação os torna um elo potencial na transmissão de patógenos entre animais selvagens e domésticos, dessa forma, o *spillover* representa um risco significativo para a emergência de novas doenças infecciosas (Hayward; Tachedjian, 2021).

Uma das estratégias mais utilizadas para tentar reduzir o *spillover* da raiva é o controle seletivo de morcegos-vampiros (*Desmodus rotundus*), prática adotada há décadas na maioria dos países das Américas. No entanto, evidências sugerem que esses programas podem ter eficácia limitada na prevenção de infecções letais em humanos e animais domésticos, apesar de reduzirem a taxa de mordidas. (Viana *et al.*, 2023)

A ameaça da raiva impulsionou os avanços na imunização, sendo a primeira vacina desenvolvida por Louis Pasteur em 1884. No ano seguinte utilizando medula espinhal dessecada de coelhos infectados, ele aplicou o tratamento experimental em Joseph Meister, um menino de 9 anos mordido por um cão raivoso, garantindo sua sobrevivência. Em 1886, Pasteur comprovou o sucesso do método em 350 pacientes, marcando um avanço na profilaxia da raiva e na história da imunização (Pasteur, 1886; Marcovistz *et al.*, 2013; Kotait; Carrieri; Takaoka 2015; Silva, 2015).

Atualmente, a raiva continua sendo um problema de saúde pública, causando quase 59.000 mil mortes anuais acometidas pelo vírus da raiva no mundo, principalmente em regiões sem acesso ao tratamento pós-exposição e a programas eficazes de controle da doença em humanos e animais (OMS, 2020). Diante disso, a profilaxia permanece como a principal estratégia de prevenção, podendo ser realizada antes do contato com um animal infectado (profilaxia pré-exposição) ou após a exposição ao vírus (profilaxia pós-exposição), reforçando a importância da vacinação como ferramenta essencial no combate à raiva (Lovadini *et al.*, 2022).

Raiva na história: origem e primeiros registros

A raiva é temida desde a antiguidade em razão da sua natureza letal, tanto em animais como no ser humano. O seu significado tem origem em *rabere*, do latim, que significa “fúria” ou “delírio”, e *rabhas*, do sânscrito, que é “tornar-se violento”. Na Grécia, foi dado o nome de Lyssa ou Lytta, que quer dizer “loucura ou demência” (Kotait; Carrieri; Takaoka, 2015).

Os primeiros registros da raiva remontam ao século X a.C., no Código de Eshnunna, que já reconhecia sua gravidade ao impor penalidades a proprietários de cães infectados que causassem mortes por mordida. A doença também esteve presente na mitologia, onde deuses



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



como Ártemis e Aristeu eram cultuados como protetores contra a enfermidade. Homero, na *Iliada*, mencionou cães raivosos, evidenciando a relevância da doença no imaginário coletivo da época (Babboni; Modolo, 2011; Kotait; Carrieri; Takaoka, 2015).

Entre os séculos V e I a.C., a raiva começou a ser estudada de forma mais sistemática por filósofos e médicos gregos e romanos. Demócrito (500 a.C.) descreveu seus sintomas, enquanto Aristóteles (322 a.C.) identificou sua transmissão entre animais. No século II a.C., Galeno sugeriu a remoção cirúrgica dos ferimentos causados pela mordida de animais infectados como forma de prevenção. Outras práticas da época incluíam cauterização com ferro quente, uso de substâncias corrosivas e sucção do local afetado para tentar remover o agente causador (Babboni; Modolo, 2011; Kotait; Carrieri; Takaoka, 2015).

Descobertas científicas e desenvolvimento do conhecimento sobre a raiva

Em 1769, o anatomista italiano Giovanni Battista Morgagni fez uma observação pioneira ao sugerir que a raiva se espalhava pelo sistema nervoso, em vez de ser transmitida pelo sistema vascular (Ghosh, 2017). No início do século XIX, Zinke (1804) demonstrou a transmissibilidade da doença ao inocular saliva de um animal infectado em outro saudável, consolidando a ideia de que a raiva era causada por um agente infeccioso (Marcovistz *et al.*, 2013).

Em 1881, Pasteur e seus colaboradores conseguiram isolar o vírus ao injetar saliva e fragmentos do sistema nervoso de animais doentes em indivíduos saudáveis, concluindo que o patógeno estava presente não apenas na saliva, mas também no cérebro, gânglios e medula espinhal (Steele; Fernandez, 1975; Kotait; Takaoka; Carrieri, 2009; Silva, 2015). Esse avanço foi fundamental para o desenvolvimento da vacina antirrábica, estabelecendo um marco na prevenção da doença e reduzindo significativamente sua letalidade.

Em 1903, o patologista italiano Aldechi Negri foi o primeiro a identificar sinais microscópicos de presença de inclusões eosinofílicas intracitoplasmáticas nos neurônios do hipocampo de animais infectados. Essas estruturas foram posteriormente denominadas “corpúsculos de Negri”. Somente em 1963, com o avanço do microscópio eletrônico e por meio do uso de diferentes culturas celulares, foi possível observar pela primeira vez a morfologia do vírus da raiva, revelando seu formato distinto em forma de bala. (Davies, 1963; Matsumoto, 1963).

Em 1911 a relação entre morcegos hematófagos (*D. rotundus*) e a transmissão da raiva foi sugerida no Brasil pelo pesquisador Antônio Carini, durante uma epidemia de raiva em animais de produção em Santa Catarina - Brasil (Texeira; Sandoval; Takaoka 2004). Já



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



os morcegos não hematófagos passaram a ser reconhecidos como vetores potenciais da doença em 1953, nos EUA, após um menino na Flórida ser mordido por um morcego insetívoro (*Lasiurus intermedius*) (Venters *et al.*, 1954).

Estrutura e características biológicas do vírus da raiva

O vírus da raiva pertence à ordem *Mononegavirales*, família *Rhabdoviridae* e gênero *Lyssavirus*, cujo nome tem origem no grego *lyssa*, que significa loucura (Batista; Franco; Roehe, 2007). Sua estrutura possui um formato característico de projétil, com uma extremidade plana e a outra arredondada, medindo cerca de 180 nm de comprimento e 75 nm de diâmetro. O genoma viral é composto por RNA de fita simples, não segmentado, de polaridade negativa, com aproximadamente 11,9 a 12,3 Kb de comprimento (SIB, 2020).

A partícula viral completa contém de 2 a 3% de ácido ribonucleico (RNA), 67% de proteínas, 26% de lipídios e 3% de carboidratos, sendo sensível a solventes lipídicos, etanol a 45-70%, preparados iodados e compostos de amônia quaternária. Além disso, o vírus apresenta resistência à dessecação e a ciclos de congelamento e descongelamento sucessivos, mantendo-se estável em um pH entre 5 e 10, mas é inativado a 60°C por 35 segundos. A 4°C, pode permanecer infeccioso por dias, enquanto a -70°C ou em estado liofilizado (4°C) pode persistir por anos (Kotait; Carrieri; Takaoka, 2015).

O genoma do vírus da raiva codifica cinco proteínas estruturais essenciais: N (nucleoproteína), NS (não estrutural), L (RNA polimerase), M (matriz) e G (glicoproteína). A proteína N está associada ao RNA e, juntamente com a proteína L e a NS, forma um complexo ribonucleocapsídeo (RNP). Já a proteína M, em conjunto com a glicoproteína G e as membranas lipídicas, compõe o envelope viral (Wunner; Conzelmann, 2020).

O gênero *Lyssavirus* foi classificado em 18 espécies distintas, sendo que a espécie 1 – *Rabies lyssavirus* (RABV), circulante no Brasil, apresenta cinco variantes rábicas associadas a diferentes reservatórios: AgV1 e AgV2, isoladas de cães; AgV3, de morcego hematófago (*D. rotundus*); AgV4 e AgV6, de morcegos insetívoros (*Tadarida brasiliensis* e *Lasiurus cinereus*, respectivamente). Além disso, foram identificadas outras variantes em fauna silvestre brasileira, como em *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato) e *Callithrix jacchus* (sagui-de-tufo-branco) (Kotait; Carrieri; Takaoka, 2015; ICTV, 2022).

Epidemiologia e transmissão da raiva

A raiva se manifesta tradicionalmente na forma neurológica, com sintomas iniciais inespecíficos, com o seu período de incubação variando de dias a anos, mas em geral costuma



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



ser de 2 a 8 semanas, esta variação depende de fatores como a localização da lesão, a quantidade de tecido afetado, a resposta imunológica do hospedeiro e a carga viral. Ferimentos mais próximos da cabeça e em crianças tendem a apresentar um tempo de incubação reduzido devido à menor distância até o sistema nervoso central. (Brasil, 2008; Wunner; Conzelmann, 2020).

No local da ferida, a vítima pode sentir sensações desagradáveis na pele, como coceira e dor, que costumam ocorrer durante o período prodrômico, após esse período a manifestação pode ser furiosa ou paralítica (Jackson, 2010). O período prodrômico tem como características queixas inespecíficas, como febre, cefaleia, indisposição, mialgias, anorexia e tosse não produtiva. Em seguida com o avanço da infecção no sistema nervoso central os sinais neurológicos se agravam, apresentando agressividade e convulsões generalizadas, como também espasmos da musculatura do diafragma, laringe e orofaringe. Ocasionalmente o paciente entra em coma, e por fim ocorre o óbito durante convulsão ou apneia (Gomes *et al.*, 2012).

A forma furiosa é predominante em canídeos e se caracteriza por agressividade acentuada, inquietação e episódios alucinatórios. A **forma paralítica**, é mais recorrente em herbívoros e afeta principalmente a medula espinhal e o tronco encefálico. Essa variante da doença é frequentemente observada em bovinos, apresentando uma paralisia progressiva e flácida, acompanhada por dificuldades motoras, salivação excessiva e problemas para engolir (Batista; Franco; Roehe, 2007).

Em outras espécies, sinais neurológicos devem ser cuidadosamente monitorados. Morcegos encontrados caídos no solo ou em locais de grande circulação humana, fora de seu horário normal de atividade, assim como mamíferos silvestres atropelados, podem indicar infecção pelo vírus da raiva e representar risco epidemiológico (BRASIL, 2008).

O tempo de incubação varia de acordo com o animal, de 25 a 90 dias em herbívoros, de 40 até 120 dias nos cães e gatos, enquanto nos quirópteros, o período de incubação pode ser ainda mais prolongado. Deve-se considerar também o período de transmissibilidade do vírus, que ocorre entre 2 e 5 dias antes do início dos sinais clínicos. Durante esse intervalo, cães e gatos já apresentam concentrações significativas do vírus em suas secreções salivares, e essa transmissibilidade persiste até a morte do animal infectado (Kotait; Takaoka; Carrieri 2009; BRASIL, 2019).

A raiva é transmitida por quatro ciclos epidemiológicos inter-relacionados: urbano, rural, silvestre terrestre e aéreo, no meio urbano, cães e gatos favorece a disseminação do vírus. O ciclo rural envolve principalmente animais de criação, sendo o morcego hematófago



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



D. rotundus o vetor mais relevante. Já no ciclo silvestre terrestre, a raiva se mantém entre mamíferos como raposas, guaxinins e primatas não humanos. O ciclo aéreo, por sua vez, é sustentado por morcegos, tanto hematófagos quanto não hematófagos, e sua expansão vem sendo influenciada por certas intervenções e/ou modificações ambientais (BRASIL, 2019; Wada *et al.*, 2004).

Morcegos, raiva e o meio urbano

Os morcegos pertencem à ordem Chiroptera, um grupo monofilético dentro do clado de mamíferos placentários Laurasiatheria, que também inclui os grupos Eulipotyphla, Pholidota, Carnivora, Perissodactyla e Cetartiodactyla (Upham; Esselstyn; Jetz, 2019). São os únicos mamíferos com capacidade de voo ativo, possuindo adaptações anatômicas específicas, como ossos tubulares, musculatura peitoral robusta, ombros fortalecidos, costelas achatadas e joelhos orientados para trás devido à rotação da perna, o que auxilia no suporte da membrana alar (Nowak, 1991). Atualmente, a ordem Chiroptera conta com 1.462 espécies distribuídas em 21 famílias (Simmons; Cirranello, 2025), sendo a segunda maior ordem de mamíferos em número de espécies, superada apenas pelos roedores.

Os morcegos possuem ampla distribuição geográfica, ocupando diversos habitats em todos os continentes, exceto a Antártica, e apresentam uma diversidade alimentar notável, incluindo hábitos hematófagos, insetívoros, frugívoros, nectarívoros, carnívoros e onívoros (Pires; Fabián, 2013; Fenton; Simmons, 2014; Reis *et al.*, 2017;). No Brasil, são registradas 186 espécies organizadas em 9 famílias e 68 gêneros, das quais 13 são endêmicas do país (Delgado-Jaramillo *et al.*, 2020; Garbino *et al.*, 2024). Entre essas famílias, destacam-se Phyllostomidae, com maior número de espécies (93), Molossidae (32) e Vespertilionidae (26), sendo que representantes de todas as famílias ocorrem nos diferentes biomas brasileiros, incluindo ambientes urbanos (Reis *et al.*, 2007; Garbino; Brandão; Tavares, 2022).

A urbanização e o desmatamento tornaram as cidades mais atrativas para morcegos, pois oferecem abrigos artificiais, vegetação e iluminação pública. Essas condições favorecem especialmente os morcegos insetívoros, que se beneficiam da abundância de alimento e da baixa presença de predadores. No entanto, essa adaptação exige medidas de manejo para minimizar riscos (Moutinho *et al.*, 2020; Melo *et al.*, 2021). No Brasil, 46% das 186 espécies conhecidas já foram registradas em áreas urbanas (Nunes; Rocha; Cordeiro-Estrela, 2016; Melo *et al.*, 2021; Garbino *et al.*, 2024).

Os morcegos, como os hematófagos *D. rotundus*, são os principais vetores da raiva



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



para animais de interesse econômico na América Latina, e desde 2004 tornaram-se os principais transmissores da doença para humanos na região (BRASIL, 2016). Contudo, espécies insetívoras, frugívoras e onívoras também podem ser portadoras do vírus (Sodré; Gama; Almeida, 2010; Fahl *et al.*, 2015). Entre 1998 e 2014, 38% dos 778 casos humanos de raiva registrados em 21 países da América Latina e Caribe foram transmitidos por morcegos hematófagos (Carvalho *et al.*, 2018). Entre 2000 e 2017, ocorreram 188 casos de raiva humana no Brasil. A maioria desses casos aconteceu entre 2000 e 2008, representando aproximadamente 86% do total, dos quais cerca de 46% envolveram morcegos (Vargas, 2019).

A interação entre morcegos e pets, especialmente gatos, aumenta o risco de transmissão da raiva (Genaro, 2010). O envio de morcegos suspeitos para diagnóstico é essencial para o controle da doença, sendo uma responsabilidade dos órgãos municipais de saúde (Melo *et al.*, 2021). A circulação do vírus entre quirópteros pode comprometer a imunização de cães e gatos urbanos, exigindo revisão das estratégias de prevenção (Batista; Franco; Roehe, 2007). Além disso, a proximidade de morcegos infectados em áreas densamente povoadas representa um risco à saúde pública (De Lucca *et al.*, 2013).

Entretanto as espécies não hematófagas migraram de zonas rurais para cidades devido à oferta de alimento e degradação ambiental, aumentando o contato com humanos e animais domésticos. No Brasil, quase metade (49,1%) das amostras positivas para raiva eram de morcegos não hematófagos, reforçando a necessidade de vigilância contínua (Batista; Franco; Roehe, 2007).

Imunização e vigilância: o combate à raiva no Brasil

Desde 1973, foi estabelecido o Programa Nacional de Profilaxia da Raiva (PNPR), que abrange todo o território brasileiro e tem como propósito reduzir a incidência da doença em humanos. Suas ações incluem medidas preventivas direcionadas a indivíduos expostos a um risco elevado de contágio pelo vírus rábico, seja por atuarem em áreas endêmicas ou por contato com animais potencialmente infectados (Wada; Rocha; Maia-Elkhoury, 2011).

No caso de indivíduos com suspeita de infecção pelo vírus da raiva, recomenda-se a aplicação do protocolo de pós-exposição estabelecido pelo Ministério da Saúde. Paralelamente, para reduzir a incidência da raiva humana, o PNPR também atua no controle da doença entre animais domésticos (Wada; Rocha; Maia-Elkhoury, 2011). A imunização antirrábica de cães e gatos é promovida anualmente em todo o Brasil pelo Sistema Único de Saúde (SUS), por meio de campanhas que visam interromper a transmissão do vírus no meio



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



urbano e proteger a população (Rupprecht; Hanlon; Ardósia, 2004; Rodrigues *et al.*, 2017;).

Além do controle no ambiente urbano, medidas voltadas à proteção de animais de produção também foram implementadas. A criação do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH), por meio da Instrução Normativa nº 05/2002 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), reforçou estratégias como a imunização obrigatória desses animais, a ampliação da vigilância epidemiológica, iniciativas educativas voltadas à saúde pública e ações específicas para o controle populacional de morcegos hematófagos, especialmente *D rotundus* (Brasil, 2009).

Os esforços no combate à raiva em cães e humanos resultaram em uma redução significativa dos casos no Brasil, em um estudo desenvolvido por **Taylor *et al.* (2020)** foi proposto uma ferramenta baseada em evidências para avaliar o progresso na eliminação da doença, destacando os avanços no Brasil e no México, embora ainda existam desafios em áreas vulneráveis. Esses achados reforçam a importância da vigilância contínua e de políticas eficazes de imunização.

Contudo, a mudança no padrão epidemiológico revela um avanço no controle do ciclo urbano da doença, mas também um aumento do caso de raiva em humanos sendo os morcegos os transmissores. Por isso, é essencial manter as medidas preventivas voltadas aos cães, intensificar o monitoramento do ciclo silvestre e garantir que a população procure assistência médica em caso de mordida ou contato suspeito, com profissionais de saúde preparados para avaliar corretamente o risco e indicar a profilaxia necessária (Wada; Rocha; Maia-Elkhoury, 2011; Almeida *et al.*, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A raiva continua sendo um desafio significativo para a saúde pública no Brasil, afetando tanto humanos quanto animais. Embora o controle da doença no ciclo urbano tenha sido bem-sucedido, devido à vacinação de cães e gatos, a mudança no perfil epidemiológico, com os morcegos emergindo como principais transmissores trouxe novos desafios. A vigilância contínua, a educação da população e a integração de estratégias de controle em ambientes urbanos e rurais são essenciais para reduzir a incidência da raiva. Além disso, é crucial fortalecer a colaboração entre os setores de saúde pública, meio ambiente e agricultura para enfrentar os desafios atuais e futuros, garantindo a proteção da saúde humana e animal.



AGRADECIMENTOS

Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



À Coordenação de Aperfeiçoamento Superior/CAPES (Código de financiamento 001), à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão/FAPEMA pela concessão da bolsa de mestrado a Fernanda Moura Freitas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M.F. *et al.* Fauna de morcegos (Mammalia, Chiroptera) e a ocorrência de vírus da raiva na cidade de São Paulo, Brasil. **Revista Veterinária e Zootecnia**, v.22, n.1, p.89-100, 2015.

BABBONI, S.D.; MODOLO, J.R. Raiva: Origem, Importância e Aspectos Históricos. **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 13, p. 349-356, 2011.

BATISTA, H. B. de C. R.; FRANCO, A. C.; ROEHE, P. M. Raiva: uma breve revisão. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 35, n. 2, p. 125-144, 2007.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Controle da raiva dos herbívoros**: manual técnico 2009. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: Mapa/ACS, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de vigilância em saúde**: volume único. 3. ed. Brasília: MS, 740 p., 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de Diagnóstico Laboratorial da Raiva**: volume único [internet]. Ministério da Saúde, 2008. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_diagnostico_laboratorial_raiva.pdf.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Manual de vigilância, prevenção e controle de zoonoses**: normas técnicas e operacionais [recurso eletrônico]. Brasília: Ministério da Saúde, 2016.

CARVALHO, F.M. *et al.* Rabies in the Americas: 1998-2014. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 12, n. 3, e0006271, 2018.

DAVIES, M. C.; ENGLERT M. E.; SHARPLESS G. R.; CABASSO V. J. The electron microscopy of rabies virus in cultures of chicken embryo tissues. **Virology**. v. 21, p. 642–651, 1963.

DE LUCCA, T. *et al.* Assessing the rabies control and surveillance systems in Brazil: An experience of measures toward bats after the halt of massive vaccination of dogs and cats in Campinas, Sao Paulo. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 111, n. 1-2, p. 126-133, 2013.

DELGADO-JARAMILLO, M. *et al.* Assessing the distribution of a species-rich group in a continental-sized megadiverse country: Bats in Brazil. **Diversity and Distributions**, v. 26, n. 5, p. 632-643, 2020.

FAHL, W.O. *et al.* Rabia transmitida por murciélagos en Brasil. **Acta Biológica**



Colombiana, v. 20, n. 3, p. 21-35, 2015.

FENTON, M.; SIMMONS, N. **Bats: a world of science and mystery**. Chicago: University of Chicago Press, 2014. 303 p.

GARBINO, G.S.T.; BRANDÃO, M.V.; TAVARES, V.C. First confirmed records of Godman's Long-tailed bat, *Choeroniscus godmani* (Thomas, 1903) (Chiroptera, Phyllostomidae), from Brazil and Panama. **Check List**, v. 18, n. 1, p. 493-499, 2022.

GARBINO, G.S.T. *et al.* Updated checklist of bats (Mammalia: Chiroptera) from Brazil. **Zoologia**, v. 41, p. e23073, 2024.

GENARO, G. Gato doméstico: futuro desafio para controle da raiva em áreas urbanas? **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 30, p. 186-189, 2010.

GHOSH, S.K. Giovanni Battista Morgagni (1682–1771): father of pathologic anatomy and pioneer of modern medicine. **Anatomical Science International**, v. 92, n. 3, p. 305–312, 2017.

GOMES, A.P. *et al.* Raiva humana. **Revista da Sociedade Brasileira de Clínica Médica**, São Paulo, v. 10, n. 4, p. 312-317, 2012.

GONG, Z.; HE, F.; CHEN, Z. Risk factors for human rabies in China. **Zoonoses and Public Health**, v. 59, n. 1, p. 39–43, 2012.

HAYWARD, J.A.; TACHEDJIAN, G. Retroviruses of Bats: a Threat Waiting in the Wings? **mBio**, v. 26, n. 5, p. 19-41, 2021.

ICTV. **Genus: Lyssavirus**. International Committee on Taxonomy of Viruses, 2022. Disponível em: [Genus: Lyssavirus | ICTV](#) . Acesso em: 02/02/2024.

JACKSON, A.C. Atualização sobre a patogênese da raiva. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, Ananindeua, v. 1, n. 1, p. 167-172, 2010.

KOTAIT, I., TAKAOKA, N.Y., CARRIERI, M.L. Manual Técnico Instituto Pasteur. **Raiva – Aspectos gerais e clínica**. São Paulo: Instituto Pasteur, 2009.

KOTAIT, I.; CARRIERI, M.L.; TAKAOKA, N.Y. **Raiva In** .Focaccia, Roberto; Siciliano, Rinaldo Focaccia (eds). Tratado de infectologia [5. ed.], v.1. RIO DE JANEIRO: Atheneu, 2015. 1658 p.

LOVADINI, V. de L. *et al.* Knowledge and practices about rabies at Basic Health Units in Brazil. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e54611125421, 2022.

MARCOVISTZ, R.; ROMIJN, P. C.; ZANLUCA, C.; ZANETTI, C. R. Raiva in JOSE RODRIGUES COURA. Dinâmica das Doenças Infecciosas e parasitarias. Segunda Edição ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

MATSUMOTO, S. Electron microscope studies of rabies virus in mouse brain, **Journal of Cell Biology**, v. 19, p. 565, 1963.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



MELO, M.A. *et al.* Morcegos urbanos de Guarulhos: alta riqueza de espécies e dominância de espécies ecologicamente flexíveis reveladas a partir de dados de monitoramento da raiva. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 111, 2021.

MORATELLI, R.; CALISHER, C.H. Bats and zoonotic viruses: can we confidently link bats with emerging deadly viruses? **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 110, p. 1-22, 2015.

MOUTINHO, F.F.B. *et al.* Surto de raiva em morcegos frugívoros no município de Niterói, RJ, 2018. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 14, n. 4, p. 307-314, 2020.

NUNES, H.; ROCHA, F. L.; CORDEIRO-ESTRELA, P. Bats in urban areas of Brazil: roosts, food resources and parasites in disturbed environments. **Urban Ecosystems**, v. 20, p. 953-969, 2016.

NOWAK, R.M. **Walker's mammals of the world**. The Johns Hopkins University Press, Baltimore & London. 5ª edição, vol.1 1991.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Raiva** [internet]. OMS, 2020.

PASTEUR, L. Communication de M. Pasteur sur le traitement de la rage. *in*: Revue internationale de l'enseignement, v. 11, p. 286-292, 1886.

PIRES, D.P.S.; FABIÁN, M.E. Diversidade, riqueza e estratificação vertical de espécies de morcegos em um remanescente de Mata Atlântica no Sul do Brasil. **Biotemas**, v. 26, n. 4, p. 121-131, 2013.

REIS, N.; PERACCHI, A.; PEDRO, W.; LIMA, I. **Morcegos do Brasil**. Londrina: 2007. p. 17-223.

REIS, N.R. *et al.* **História Natural dos Morcegos Brasileiros Chave de Identificação de Espécies**. 1. ed. Rio de Janeiro: Technical Books Editora Ltda, 2016. v. 1, 416p, 2017.

RODRIGUES, R.C.A. *et al.* Campanhas de vacinação antirrábica em cães e gatos e positividade para raiva em morcegos, no período de 2004 a 2014, em Campinas, São Paulo. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 26, p. 621-628, 2017.

RUPPRECHT, E. C.; HANLON, C.; ARDÓSIA, D. Vacinação oral da vida selvagem contra a raiva: oportunidades e desafios na prevenção e controle. **Developmet of Biologia**, v. 119, p. 173-184, 2004.

SIB. Swiss Institute of Bioinformatics. 2020.
https://viralzone.expasy.org/22?outline=all_by_species

SILVA, C.S.P. **Da passagem à atenuação: Jenner e Pasteur e o desenvolvimento dos vírus inoculáveis**. 2015. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/bitstream/handle/13316/1/Camila%20Sloboda%20Pacheco%20da%20Silva.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2025.

SIMMONS, N.B.; CIRRANELLO, A.L. **Bat Species of the World: A taxonomic and**



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



geographic database. 2025. Disponível em: <https://www.batnames.org/>. Acesso em: 12 mar. 2025.

SODRÉ, M.M.; GAMA, A. R.; ALMEIDA, M.F. Updated list of bat species positive for rabies in Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical**, v. 52, p. 75–81, 2010.

STEELE J.H.; FERNANDEZ P.J. **History of rabies and global aspects**. 2nd ed. In: BAER G.M., editor. *The Natural History of Rabies*, 2nd Edition. 2nd ed. Academic Press; 1975.

TAYLOR, L.H. *et al.* Towards the elimination of dog-mediated rabies: development and application of an evidence-based management tool. **BMC Infectious Diseases**, v. 20, n. 1, p. 1-11, 2020.

TEIXEIRA, L.A; SANDOVAL, M.R.C.; TAKAOKA, N.Y. Instituto Pasteur de São Paulo: cem anos de combate à raiva. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 11, n. 3, p. 751–766, 2004.

UPHAM, N.; ESSELSTYN, J.; JETZ, W. Inferring the mammal tree: Species-level sets of phylogenies for questions in ecology, evolution, and conservation. **PLoS Biology**, v. 17, n. 12, p. 1-44, 2019.

VARGAS, A. Raiva humana no Brasil: estudo descritivo, 2000-2017. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 28, n. 2, 2019.

VENTERS, H.D *et al.* Rabies in bats in Florida. **American Journal of Public Health**, v. 44, p. 182-5, 1954.

VIANA, M; BENAVIDES, J. A.; BROOS, A; LOAYZA, D. *et al.* Effects of culling vampire bats on the spatial spread and spillover of rabies virus. **Science Advances**, v. 9, n. 10, eadd7437, 2023.

WADA, M.Y.; ROCHA, S.M.; MAIA-ELKHOURY, A.N.S. Situação da Raiva no Brasil, 2000 a 2009. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 509-518, 2011.

WADA, M.Y. *et al.* **Surto de raiva humana transmitida por morcegos no Município de Portel-Pará, março/abril de 2004**. Boletim Eletrônico Epidemiológico. vol. 4, no. 6, pp. 1-5, 2004.

WUNNER; CONZELMANN in: FOOKS, A. R.; JACKSON, A. C. **Rabies: Scientific Basis of the Disease and Its Management**. 4th ed. San Diego: Academic Press, 2020.



Ação tóxica da proteína PS1 de *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1911) sobre células tumorais: Revisão de Literatura

Alessandra Maria Silva Vidigal¹; Ludmila Miranda Alencar²; Elmary da Costa Fraga³; Maria Cleoneide da Silva⁴; Maria Claudene Barros³

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

²Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade, Saúde e Meio Ambiente, Universidade Estadual do Maranhão, Morro do Alecrim, s/n - Caxias/MA CEP 65.604-380, Caxias - MA, Brasil.

³Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

⁴Docente do curso de Ciências Biológicas Licenciatura, Universidade Estadual do Maranhão, Morro do Alecrim, s/n - Caxias/MA CEP 65.604-380, Caxias - MA, Brasil.

RESUMO

As proteínas Cry produzidas por *Bacillus thuringiensis* são reconhecidas por sua ação de biocontrole contra diferentes pragas de insetos, nematoides, ácaros e protozoários. No entanto, foi descrito que algumas cepas de Bt codificam proteínas que não apresentam atividade inseticida, mas, quando testadas contra linhagens de células cancerígenas demonstraram atividade citotóxica. Essas proteínas denominadas Parasporinas (PSs) surgem como uma alternativa com potencial para o tratamento do câncer, pois apresentam citotoxicidade para diferentes linhagens de células cancerígenas e baixa ou nenhuma citotoxicidade para células normais. Atualmente, as PSs estão classificadas em seis classes: PS1, PS2, PS3, PS4, PS5 e P6. Esta revisão tem como objetivo abordar as principais características estruturais e funcionais da PS1, bem como seu efeito citotóxico seletivo sobre determinadas linhagens de células cancerígenas. A atividade citocida preferencial por células cancerígenas torna as PSs de grande importância para o meio médico-científico.

Palavras- chave: Células Cancerígenas, Gene *cry*, Proteínas Parasporais.

INTRODUÇÃO

Bacillus thuringiensis (Bt) (Berliner, 1911) é uma bactéria ubíqua, aeróbia e gram-positiva, produtora de δ -endotoxinas, como as proteínas Cry e Cyt, que possuem ação inseticida (Schnepf, 1998; Bravo *et al.*, 2007; Roh *et al.*, 2007). Essas proteínas pesticidas são sintetizadas durante a fase estacionária do crescimento bacteriano, durante a fase de esporulação, sendo ativadas no trato digestivo, após a ingestão por insetos suscetíveis (Boonserm *et al.*, 2005; Bravo *et al.*, 2007; Schünemann *et al.*, 2014; Argôlo-Filho; Loguercio, 2014).

Com amplo espectro de ação, essas proteínas, possuem atividade tóxicas a pragas de diferentes ordens, tais como: Lepidoptera, Diptera, Hymenoptera e Coleoptera, além de nematóides, ácaros e protozoários (Schnepf *et al.*, 1998; Glare; O'Callaghan, 2000; Wei *et al.*, 2003; Brar *et al.*, 2006; Domínguez-Arrizabalaga *et al.*, 2020; Shi; Sun, 2025), sendo



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



consideradas seguras e eficazes no controle biológico de pragas e vetores, devido à sua especificidade e ausência de toxicidade para mamíferos, aves, anfíbios e répteis (Schnepf *et al.*, 1998; Lenina *et al.*, 2014).

As proteínas pesticidas secretadas adquiriram relevância global como uma alternativa sustentável aos inseticidas químicos, impulsionando a busca por novos isolados de Bt em diversos habitats, com o objetivo de identificar e caracterizar proteínas inseticidas dotadas de especificidades distintas. Alguns desses isolados demonstram atividades tóxicas inovadoras e inesperadas contra organismos além dos insetos, indicando uma possível natureza pluripotencial de determinadas proteínas (Palma *et al.*, 2014).

Em ambientes naturais, os isolados de Bt que possuem proteínas Cry não inseticidas são significativamente mais abundantes do que aqueles com atividade inseticida, frequentemente representando mais de 90% das populações naturais do solo (Ohba *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2003; Yasutake *et al.*, 2007; Ohba *et al.*, 2009). Diante desse cenário, em 1996 teve início uma investigação abrangente sobre as proteínas Cry de Bt, visando identificar novas atividades biológicas além da toxicidade contra insetos (Akiba; Okumura, 2015).

Estudos conduzidos com Bt não inseticidas, resultaram na descoberta de novas proteínas com ação seletiva contra células cancerígenas humanas, posteriormente denominadas Parasporinas (PSs) (Mizuki *et al.*, 1999; 2000). Essas proteínas foram caracterizadas como não hemolíticas e não inseticidas, apresentando a capacidade de eliminar preferencialmente células cancerígenas (Mizuki *et al.*, 2000; Katayama *et al.*, 2005).

A primeira proteína de Bt anticâncer foi relatada por Mizuki *et al.* (2000) e é conhecida como PS1Aa1 (Okumura *et al.*, 2010). Juntamente com as proteínas PS1Aa2, PS1Aa3, PS1Aa4, PS1Aa5, PS1Aa6, PS1Ab1, PS1Ab2, PS1Ac1, PS1Ac2 e PS1Ad1 formam a família (Okumura *et al.*, 2010) que exerce atividade citocida contra várias linhagens de células cancerígenas, como as células T leucêmicas (MOLT-4, HL-60), células de câncer de fígado (HepG2), células de câncer de colo do útero (HeLa), células T leucêmicas (Jurkat), câncer de útero (Sawano), células de câncer de cólon (Caco-2) e câncer de útero (A549) (Kitada *et al.*, 2006; Katayama *et al.*, 2007; Gonzalez *et al.*, 2011).

Esta revisão de literatura aborda as principais características estruturais e funcionais das PSs da família 1 (PS1), com ênfase em seu efeito citotóxico seletivo sobre determinadas linhagens de células cancerígenas.



Origem e Estrutura

Mizuki e colaboradores em 1999 realizaram a primeira pesquisa relatando que certas proteínas de inclusão de Bt possuíam citotoxicidade para células cancerígenas humanas. Esses autores, inicialmente, testaram 1.744 cepas de Bt contra células T leucêmicas humana (MOLT-4) e examinaram a atividade citolítica em eritrócitos de ovelha. Dos 1.744 Bt, 1.684 não apresentaram atividade hemolítica e 42 exibiram citotoxicidade para células MOLT-4. Posteriormente, os 42 isolados de Bt foram testados em diversas ordens de insetos e, curiosamente, não mostraram atividade inseticida significativa.

Três isolados de Bt (84-HS-1-11; 89-T-26-17 e 90-F-45-14), que não exibiram atividade hemolítica e atividade inseticida contra insetos dípteros e lepidópteros, foram selecionadas, tendo suas inclusões parasporais purificadas e examinadas contra outras células cancerígenas humanas, mostrando diferentes espectros de toxicidade e níveis de atividade variados, onde a cepa 84-HS-1-11 também mostrou forte atividade citocida contra células de câncer de colo de útero humano (HeLa) e a cepa 90-F-45-14 foi altamente citotóxica para todas as células cancerígenas humanas testadas (Mizuki *et al.*, 1999).

A estirpe 84-HS-1-11, atualmente conhecida como A1190, apresentou proteínas com capacidade de distinção entre células T leucêmicas e células normais, promovendo preferencialmente a morte das primeiras. Essas proteínas exibiram atividade citotóxica específica contra células cancerígenas, sem induzir efeitos hemolíticos ou inseticidas. Como resultado, foi definida uma nova categoria de proteínas, denominada PSs, caracterizadas por sua habilidade de eliminar seletivamente células cancerígenas (Mizuki *et al.*, 2000; Ohba, 2009).

A proteína da cepa A1190 de Bt foi a primeira PS descoberta, sendo denominada de PS1Aa1. Essa proteína é codificada por um gene com 2.169 pb, forma um peptídio de 723 aminoácidos e após ativação com tripsina é inicialmente sintetizada na forma de uma protoxina, apresentando-se como um polipeptídeo de 81 kDa em sua forma inativa (Katayama *et al.*, 2005; Ohba *et al.*, 2009). Sua sequência de aminoácidos contém os cinco blocos de construção conservados, comumente descritos para as proteínas inseticidas Cry. No entanto, a identidade da sequência de aminoácidos da PS1Aa1, quando comparada às proteínas bioinseticidas Cry e Cyt, é inferior a 25%. Com base na presença desses blocos conservados, infere-se que a estrutura dessas proteínas corresponde à organização típica dos três domínios da proteína Cry (Mizuki *et al.*, 2000; Ohba *et al.*, 2009; Adang *et al.*, 2014; Abdulrahman *et al.*, 2017; Velásquez *et al.*, 2018).

Akiba; Okumura (2015) conduziram um estudo para analisar a estrutura da PS1



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



e descobriram que sua forma ativa é composta por três domínios estruturais, semelhantes aos encontrados em outras proteínas inseticidas do tipo Cry. O domínio I consiste em um conjunto de sete α -hélices, o domínio II tem a forma de um prisma β , e o domínio III apresenta uma estrutura em sanduíche semelhante à β -lecitina. Embora a sequência das proteínas tenha baixa homologia, a estrutura principal de cada domínio se alinha com suas equivalentes. A região N-terminal, localizada antes da sequência principal, mantém o domínio II estabilizado e aparentemente impede a transformação estrutural necessária para a formação do poro. Isso sugere que essas proteínas podem atuar como um ligante, ativando vias de sinalização que influenciam a função dos canais de membrana. Assim, o PS1Aa1 provavelmente funciona como um agente ativador na via de sinalização apoptótica (Vachon *et al.*, 2012).

Estudos de Jung *et al.* (2007) investigaram a estirpe *Bt* M15, isolada de ácaros (*Tetranychus urticae*) mortos, coletados em um pomar no Canadá. O gene da proteína cristalina dessa estirpe foi identificado como *cry3IAa2*, homólogo ao *cry3IAa1*, apresentando diferenças estruturais importantes. A *cry3IAa2* foi oficialmente nomeada pelo Comitê de Nomenclatura de *Bt* e posteriormente designada como *pS1Aa2*. Testes laboratoriais mostraram que *Cry3IAa2*, quando ativada por tripsina, apresentou atividade citocida significativa contra células cancerígenas humanas, especialmente as linhagens HeLa e TCS (células cancerígenas do colo do útero), sendo até 500 vezes mais tóxica para células Jurkat (linhagem derivada de linfócitos T leucêmicas) e 150 vezes mais tóxica para células HepG2 (carcinoma hepatocelular) do que *Cry3IAa1* ativada (Jung *et al.*, 2007).

Embora *Cry3IAa2* e *Cry3IAa1* compartilhem 94% de identidade de aminoácidos, foram identificadas 25 substituições e 19 resíduos adicionais em *Cry3IAa2*. As diferenças na clivagem proteolítica também influenciam sua toxicidade. A clivagem por tripsina ocorre em um local ausente na *Cry3IAa1*, o que pode estar relacionado à maior toxicidade da *Cry3IAa2*. Esse foi o primeiro relato da identificação de uma estirpe de *Bt* produtora de PSs fora do Japão e Vietnã (Yasutake *et al.*, 2006; Jung *et al.*, 2007).

Uemori *et al.* (2008) identificaram dois genes, *psIAa3* e *psIAb1*, na estirpe não inseticida B0195 de *Bt*. O primeiro gene possuía 2.169 pares de bases e codificava uma proteína de 81 kDa (PS1Aa3), cuja sequência de aminoácidos era idêntica à da PS1Aa1. O segundo gene, com 2.178 pares de bases, codificava uma nova proteína de 82 kDa, PS1Ab1, cuja sequência apresentava 86,4% de identidade com a PS1Aa1. A proteína recombinante PS1Ab1, expressa em células transformadas de *Bt*, mostrou forte efeito citopático sobre células HeLa após ativação proteolítica. Esse efeito se manifestou inicialmente como



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



balonamento celular, seguido por um encolhimento progressivo das células.

Yasutake *et al.* (2008) identificaram quatro genes que codificam PSs, em isolados obtidos de solos urbanos de Hanói, Vietnã. A análise da sequência de nucleotídeos revelou três genes que se enquadram nas duas classes conhecidas, *psIAa* e *psIAb* (*PSIAa4*, *PSIAa5*, *PSIAb2*), e outro pertence ao *psIAc* (*psIAc1*) estabelecendo uma nova classe de genes neste estudo. Após a ativação proteolítica, a proteína parasporal do organismo com *psIAc* apresentou forte atividade citocida contra células de câncer humano, HeLa e Hep G2, mas não contra células normais não cancerosas, UtSMC e HC.

Nagamatsu *et al.* (2010) descreveram a identificação de três proteínas Cry de 84 kDa na estirpe M019 de *Bt*. Duas dessas proteínas, denominadas CP78A e CP78B, são variantes de PS1, conhecidas por sua atividade citotóxica contra células HeLa. A terceira proteína, CP84, apresenta baixa homologia com a proteínas Cry2, sugerindo uma nova classe de proteína. Essas proteínas demonstraram citotoxicidade preferencial contra células cancerígenas humanas do fígado e do colo do útero.

Kuroda *et al.* (2013) isolaram dois novos genes de PSs a partir da estirpe B0462 de *Bt*, originalmente obtida da água de um lago em Seigenji, Kurumeshi, Fukuoka, Japão. Um desses genes apresentou uma sequência de nucleotídeos 100% idêntica à da *psIAa1* da estirpe A1190. O outro gene (*psIAc2*) exibiu uma homologia significativa (99% de identidade) com a *psIAc1* da estirpe *Bt* 87-29. Os fragmentos de 15 kDa (S113-R250) e 60 kDa (I251-S777) correspondem à forma ativa da PS1Ac2. Testes com brometo de 2H-tetrazólio demonstraram que os polipeptídeos de 15 e 60 kDa, individualmente, não apresentaram citotoxicidade para células HeLa, porém tornaram-se citotóxicos quando combinados, sugerindo que a formação de um heterodímero entre esses polipeptídeos é essencial para a atividade citotóxica contra células cancerígenas.

A família da PS1Aa1 é formada por 11 proteínas (PS1Aa1, PS1Aa2, PS1Aa3, PS1Aa4, PS1Aa5, PS1Aa6, PS1Ab1, PS1Ab2, PS1Ac1, PS1Ac2 e PS1Ad1), descrita na tabela 1 (Okumura *et al.*, 2010; Velásquez *et al.*, 2018).

Tabela 1. Classificação e características de proteínas PSs da família PS1.

Parasporina	Nomenclatura Cry	Cepa <i>Bt</i>	Gen (pb)	Pro-toxina	Protease	País	Referência
PS1Aa1	Cry31Aa1	84-HS -1-11	2, 169	81	Tripsina	Japão, EUA	Mizuki <i>et al.</i> (2000)
PS1Aa2	Cry31Aa2	M15	2, 226	83	Tripsina	Canadá	Jung <i>et al.</i> (2007)
PS1Aa3	Cry31Aa3	B195	2, 169	81	Tripsina	Japão	Uemori <i>et al.</i> (2008)
PS1Aa4	Cry31Aa4	Bt79-25	2, 169	81	Proteinasa K	Vietnã	Yasutake <i>et al.</i> (2008)
PS1Aa5	Cry31Aa5	Bt92-10	2, 169	81	Proteinasa K	Vietnã	Yasutake <i>et al.</i> (2008)
PS1Aa6	Cry31Aa6	64-1-94, M15, M019	2, 262	70	Tripsina	Japão, Caribe, Canadá.	Nagamatsu <i>et al.</i> (2010)
PS1Ab1	Cry31Ab1	B195	2,178	82	Tripsina	Japão	Uemori <i>et al.</i> (2008)
PS1Ab2	Cry31Ab2	Bt-31-5	2,178	82	Proteinasa K	Vietnã	Yasutake <i>et al.</i> (2008)
PS1Ac1	Cry31Ac1	Bt-87-29	2,331	87	Proteinasa K	Vietnã	Yasutake <i>et al.</i> (2008)
PS1Ac2	Cry31Ac2	B0462	2, 331	87	Proteinasa K	Japão	Kuroda <i>et al.</i> (2013)
PS1Ad1	Cry31Ad1	64-1-94, M15, M019	2, 262	73	Tripsina	Japão, Caribe, Canadá.	Nagamatsu <i>et al.</i> (2010)

Fonte: Okumura *et al.* (2010); Velásquez *et al.* (2018)

Mecanismo de ação

Uma das características mais relevantes das PSs é sua capacidade de discriminar células cancerígenas de células não cancerígenas, o que está associado ao reconhecimento do receptor específico (Mizuki *et al.*, 1999; Wong, 2010; Santos *et al.*, 2022), devido ao mecanismo de ação dessas proteínas que podem ser categorizados em dois tipos: as PSs do tipo três domínios e as PSs do tipo formadora de poros β (β -PFT) (Akiba *et al.*, 2005; Okumura *et al.*, 2011).

Katayama *et al.* (2007) demonstraram que a PS1 ocasiona um grande influxo de íons cálcio (Ca^{2+}) em células suscetíveis, levando a um aumento sustentado desse íon, o que resulta em citotoxicidade. A PS1 também afeta a síntese de proteínas e DNA, possivelmente devido ao excesso de Ca^{2+} intracelular, que induz a fosforilação do fator de alongamento eucariótico-2 (eEF2), inibindo a produção de proteínas e, consequentemente, a replicação do DNA. O Ca^{2+} intracelular atua como um importante regulador do processo de apoptose, promovendo a ativação de proteínas envolvidas na cascata de morte celular programada, como a caspase-3. Dessa forma, sugere-se que a PS1 induza a apoptose celular por meio desses mecanismos.

Em 2011, Katayama e colaboradores identificaram a molécula beclin-1 como um receptor para a PS1Aa1, que foi inicialmente identificada como uma proteína envolvida em processos intracelulares de autofagia e apoptose, mas que nas células HeLa está localizada extracelularmente. Todas essas células cancerígenas possuem o beclin-1

extracelularmente, sendo sugerido como o principal receptor de membrana das PS1s (Mendoza-Almanza *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2022).

O mecanismo de ação da PS1 nas células cancerígenas inicia-se com sua ligação ao receptor beclin-1, seguida por um aumento nos níveis intracelulares de Ca^{2+} já nos primeiros minutos de exposição (Figura 1). Esse aumento resulta, subsequentemente, na redução da síntese global de DNA e proteínas. A morte celular programada torna-se evidente após oito horas, sendo caracterizada pela ativação da pró-caspase-3 e da poli (ADP-ribose) polimerase (PARP). Nesse contexto, o Ca^{2+} desempenha um papel essencial, pois a inibição da caspase-3, a quelação de Ca^{2+} por agentes específicos ou sua remoção do meio de cultura reduzem significativamente a atividade do PS1Aa1 (Katayama *et al.*, 2007; Katayama *et al.*, 2011).

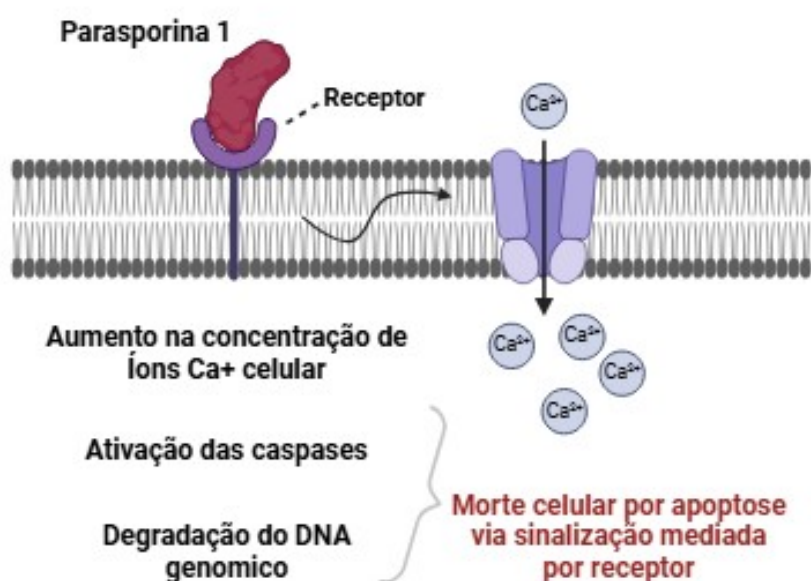


Figura 1. Modo de ação da proteína PS1 (Modificado de Akiba *et al.*, 2009).

A forma ativa do PS1 apresenta uma forte citotoxicidade contra várias linhagens de células cancerígenas, entre as quais células de câncer cervical (HeLa), leucemia linfoblástica humana (MOLT-4) e leucemia promielocítica humana (HL60), enquanto a sua toxicidade é moderada para o cancro do endométrio (Sawano) e para as células do hepatocarcinoma humano (HepG2). Do mesmo modo, é quase inofensivo para as células do músculo liso uterino (UtSMC), a linha celular MRC-5 e o sangue periférico, o que sugere a presença de receptores específicos (Katayama *et al.*, 2005).



Limitações e Perspectivas futuras

Na literatura não há trabalhos sobre a ação das PSs em sistemas de teste *in vivo*, como, camundongos e ratos. Atualmente, a capacidade destas proteínas de induzir um efeito antitumoral em um organismo inteiro é desconhecida. Sendo, uma grande lacuna, uma vez que muitos agentes que são ativos em células cancerosas em cultura são inativos em roedores, portanto certamente são necessárias mais investigações *in vivo* das PSs (Okassov *et al.*, 2015).

Okassov *et al.* (2015) relataram, em um estudo não publicado de Kaneno *et al.* (Instituto de Biociências, Botucatu, Brasil), um experimento com PSs que apresentou alta citotoxicidade *in vitro*, mas que não foi ativa com células de cancro colorretal CT-26 enxertadas em camundongos BALB/c. Além disso, a PSs era altamente tóxica, afetando o fígado e o baço, bem como, proporcionando uma diminuição significativa do tempo de vida do animal.

Bhat *et al.* (2011) avaliaram os efeitos citotóxicos e genotóxicos do extrato bruto da proteína Cry1Ac (altamente semelhante às PSs) em linfócitos humanos usando o ensaio MTT (3-4,5-dimetiltiazol-2yl-2,5-di-fenil brometo de tetrazolina) A exposição de linfócitos humanos com doses crescentes de proteínas mostrou diminuição da sobrevivência celular, concluindo que a proteínas Cry1Ac bruta tem possível potencial citotóxico em linfócitos humanos.

As proteínas PSs demonstram citotoxicidade seletiva contra distintas linhagens celulares cancerígenas. Porém, sua aplicação terapêutica direta é dificultada por potenciais reações imunológicas adversas. Dessa forma, são necessários estudos mais aprofundados para elucidar as interações entre sua estrutura molecular e função, fundamentais para sua especificidade de ação (Aktar *et al.*, 2019).

Mais estudos sobre PSs em organismos vivos são necessários. Para evitar sua degradação no intestino ou durante o metabolismo celular, pode-se usar nanoencapsulação ou administração nasal e parenteral. Além disso, sistemas de liberação controlada ajudam a aumentar seu potencial terapêutico, reduzindo a toxicidade e direcionando o tratamento para tecidos com câncer (Santos *et al.*, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade citocida preferencial para células cancerígenas torna as PSs de grande importância ao meio médico-científico. Apesar da família PS1 ter sido foco de



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



investigações ao longo desses anos, principalmente no que diz respeito a sua estrutura proteica, estudos aplicáveis desse conhecimento *in vivo* tem se mostrado ausentes, impossibilitando um conhecimento mais aprofundado do seu efeito terapêutico.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (Código financiamento 001) e pela concessão da bolsa de doutorado a Alessandra Maria Silva Vidigal.

REFERÊNCIAS

ABDULRAHMAN, S.A. *et al.* Overexpression and cytotoxic activity of parasporin-1 from *Bacillus thuringiensis* against human cancer cell lines. **Journal of Microbial & Biochemical Technology**, v. 9, p. 220-226, 2017.

ADANG, M.J; CRICKMORE, N; JURAT-FUENTES, J.L. Diversity of *Bacillus thuringiensis* Crystal Toxins and Mechanism of Action. **Advances in Insect Physiology**, v. 47, p. 39-87, 2014.

AKIBA, T. *et al.* Structure of parasporin-1, a novel bacterial cytotoxin against human cancer cells. **Acta Crystallographica Section A**, v. 61, p. C250, 2005.

AKIBA, T. *et al.* Crystal structure of the parasporin-2 *Bacillus thuringiensis* toxin that recognizes cancer cells. **Journal of Molecular Biology**, v. 386, p. 121-33, 2009. DOI:10.1016/j.jmb.2008.12.002.

AKIBA, T; OKUMURA, S. Parasporins 1 and 2: Their structure and activity. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 142, p. 44-49, 2015.

AKTAR, N. *et al.* In silico studies of parasporin proteins: Structural and functional insights and proposed cancer cell killing mechanism for parasporin 5 and 6. **Bioact**, v. 2, n. 1, p. 82-90, 2019.

ARGÔLO-FILHO, R.C.; LOGUERCIO, L.L. *Bacillus thuringiensis* is an environmental pathogen and host-specificity has developed as an adaptation to humangenerated ecological niches. **Insects**, v. 5, 62–91, 2014.

BHAT, M.S. *et al.* In-Vitro Cytotoxic and Genotoxicity Studies of Cry1Ac Toxin Isolated from Bt Cotton (RCH2 Bt) on Human Lymphocytes. **Acad J Plant Sci**, v.4, p. 64-68, 2011.

BOONSERM, P. *et al.* Crystal structure of the mosquito larvicidal toxin Cry4Ba and its biological implications. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 82, p. 348-363, 2005.

BRAR, S.K. *et al.* Recent advances in downstream processing and formulations of *Bacillus thuringiensis* based biopesticides. **Process Biochemistry**, v. 41, p. 323-342, 2006.

BRAVO, A. *et al.* Mode of action of *Bacillus thuringiensis* Cry and Cyt toxins and their



potential for insect control. **Toxicon**, v. 49, p. 423-435, 2007.

DOMÍNGUEZ-ARRIZABALAGA, M. *et al.* Insecticidal Activity of *Bacillus thuringiensis* Proteins Against Coleopteran Pests. **Toxins**, v. 12, p. 430, 2020.

GLARE, T.R.; O'CALLAGHAN, M. *Bacillus thuringiensis: biology, ecology and safety*. Chichester: John Wiley. 350p, 2000.

GONZALEZ, E. *et al.* Parasporins from a Caribbean Island: evidence for a globally dispersed *Bacillus thuringiensis* strain. **Current Microbiology**, v. 62, p. 643-1648, 2011.

JUNG, Y.C. *et al.* Isolation and characterization of a novel *Bacillus thuringiensis* strain expressing a novel crystal protein with cytotoxic activity against human cancer cells. **Journal of Applied Microbiology**, v. 103, p.65-79, 2007.

KATAYAMA, H. *et al.* Parasporin-1, a novel cytotoxic protein to human cells from non-insecticidal parasporal inclusions of *Bacillus thuringiensis*. **The Journal of Biochemistry**, v.137, p. 17-25, 2005.

KATAYAMA, H. *et al.* Parasporin-1, a novel cytotoxic protein from *Bacillus thuringiensis*, induces Ca²⁺ influx and a sustained elevation of the cytoplasmic Ca²⁺ concentration in toxin-sensitive cells. **Journal of Biological Chemistry**, v. 282, p. 7742-52, 2007.

KATAYAMA, H; KUSAKA, Y; MIZUK, E. **Parasporin-1 Receptor and Use Thereof**. U.S. Patent 20110038880, filed 30 March 2009, and issued 17 February 2011.

KITADA, S. *et al.* Cytocidal actions of parasporin-2, an anti-tumor crystal toxin from *Bacillus thuringiensis*. **Journal of Biological Chemistry**, v. 281, p. 26350-60, 2006.

KURODA, S. *et al.* Parasporin 1Ac2, a novel cytotoxic crystal protein isolated from *Bacillus thuringiensis* B0462 strain. **Current Microbiology**, v. 66, p. 475-80, 2013.

LEE, D. H. *et al.* Microbial ecology of *Bacillus thuringiensis*: fecal populations recovered from wildlife in Korea. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 49, p. 465-471, 2003.

LENINA, N.K. *et al.* Characterization of parasporin gene harboring Indian isolates of *Bacillus thuringiensis*. **Biotech**, v. 4, p. 545-551, 2014.

MENDOZA-ALMANZA, G. *et al.* The Cytocidal Spectrum of *Bacillus thuringiensis* Toxins: From Insects to Human Cancer Cells. **Toxins**, v. 6, p. 301, 2020.

MIZUKI, E. *et al.* Unique activity associated with non-insecticidal *Bacillus thuringiensis* parasporal inclusions: in vitro cell-killing action on human cancer cells. **Journal of Applied Microbiology**, v. 86, p. 477-86, 1999.

MIZUKI, E. *et al.* Parasporin, a human leukemic cell-recognizing parasporal protein of *Bacillus thuringiensis*. **Clinical and Diagnostic Laboratory Immunology**, v. 7, p. 625-34, 2000.

NAGAMATSU, Y. *et al.* Three Cry toxins in two types from *Bacillus thuringiensis* strain M019 preferentially kill human hepatocyte cancer and uterus cervix cancer cells. **Bioscience**,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Biotechnology, and Biochemistry, v.74, p. 494-8, 2010.

OHBA, M. *et al.* E. *Bacillus thuringiensis* soil populations naturally occurring in the Ryukyus, a subtropic region of Japan. **Microbiological Research**, v. 55, p. 17-22, 2000.

OHBA, M. *et al.* Parasporin, a new anticancer protein group from *Bacillus thuringiensis*. **Anticancer Research**, v. 29, n. 1, p. 427-433, 2009.

OKASSOV, A. *et al.* Parasporins as new natural anticancer agents: a review. **JBuon**, v. 20, n. 1, p. 5, 2015.

OKUMURA, S. *et al.* 2010. **Parasporin nomenclature**
<http://parasporin.fitc.pref.fukuoka.jp/>.

OKUMURA, S. *et al.* Mode of action of parasporin-4, a cytotoxic protein from *Bacillus thuringiensis*. **Biochimica et Biophysica Acta**, v. 1808, n. 6, p. 1476-1482, 2011.

PALMA, L. *et al.* *Bacillus thuringiensis* toxins: an overview of their biocidal activity. **Toxins**, v. 6, p. 3296-325, 2014.

ROH, J.Y. *et al.* *Bacillus thuringiensis* as a specific, safe, and effective tool for insect pest control. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 17, p. 547-559, 2007.

SANTOS, E.N. *et al.* From biopesticides to anticancer agents. **Biochimie**, v. 192, p. 83-90, 2022.

SCHNEPF, E. *et al.* *Bacillus thuringiensis* and its pesticidal crystal proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 62, p. 775-806, 1998.

SCHÜNEMANN, R. *et al.* Mode of action and specificity of *Bacillus thuringiensis* toxins in the control of caterpillars and stink bugs in soybean culture. **International Scholarly Research Notices**, v. 2014, p. 135675, 2014.

SHI, J.; SUN, M. *Bacillus thuringiensis*: a gift for nematode management. **Trends in Parasitology**, v. 41, p. 235-246, 2025.

UEMORI, A. *et al.* Parasporin-1Ab, a Novel *Bacillus thuringiensis* Cytotoxin Preferentially Active on Human Cancer Cells In Vitro. **Anticancer Research**, v. 28, p. 91-96, 2008.

VACHON, V. *et al.* Current models of the mode of action of *Bacillus thuringiensis* insecticidal crystal proteins: a critical review. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 111, p. 1-12, 2012.

VELÁSQUEZ, L.F; *et al.* Toxins of *Bacillus thuringiensis* with anticancer activity: Parasporins. **Revista Colombiana de Biotecnología**, v. 20, n. 2, p. 89, 2018.

WEI, J.Z. *et al.* *Bacillus thuringiensis* Crystal proteins that target nematodes. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 100, p. 2760-2765, 2003.

WONG, R.S. *et al.* Characterisation of the binding properties of *Bacillus thuringiensis* 18 toxin on leukaemic cells. **Journal of Experimental & Clinical Cancer Research**, v. 29, p.



86-89. 2010.

Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



YASUTAKE, K. *et al.* Occurrence of parasporin-producing *Bacillus thuringiensis* in Vietnam. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 52, p. 365-372, 2006.

YASUTAKE, K. *et al.* Serological identification and insect toxicity of *Bacillus thuringiensis* isolated from the island Okinoerabu-jima, Japan. **Applied Entomology and Zoology**, v. 42, p. 285-290, 2007.

YASUTAKE, K. *et al.* Identification of Parasporin Genes in Vietnamese Isolates of *Bacillus thuringiensis*. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 63, p. 139-143, 2008.



Anisaquiase, um olhar sobre a zoonose emergente associada ao consumo de peixes: Revisão de Literatura

Hozana Sousa Soares¹, Rita de Maria Seabra Nogueira²

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A anisaquiase é uma patologia resultante da infecção por larvas de nematoides da família Anisakidae, especialmente *Anisakis* spp., que é adquirida pela ingestão de peixes e frutos do mar crus ou inadequadamente cozidos. Um aspecto das doenças emergentes é que os dados sobre seu potencial zoonótico são escassos. Por isso, essa revisão de literatura tem como finalidade oferecer uma visão abrangente sobre a anisaquiase enquanto zoonose emergente, abordando sua etiologia, ciclo de vida do agente etiológico, modos de transmissão, manifestações clínicas, diagnóstico e estratégias de prevenção. A doença, muitas vezes, é subdiagnosticada e apresenta ampla distribuição geográfica, sendo relatada em países da Ásia, Europa, Américas e Oceania. No Brasil, apesar da escassez de relatos clínicos confirmados em humanos, investigações sorológicas e parasitológicas indicam uma exposição considerável da população e a presença dos parasitas em diversas espécies de peixes marinhos. A anisaquiase pode ocasionar sintomas gastrointestinais e reações alérgicas, cujas manifestações clínicas variam de acordo com o estado imunológico do indivíduo. O diagnóstico continua a ser desafiador e frequentemente é confundido com outras condições patológicas. A implementação de técnicas moleculares tem contribuído para a identificação precisa das espécies de parasitas envolvidas. Ressalta-se ainda a importância do monitoramento parasitológico dos pescados comercializados no Brasil, enfatizando a necessidade de investigações em regiões ainda negligenciadas, como o Norte e Nordeste, onde o consumo de pescado possui relevância econômica e cultural.

Palavra chave: *Anisakis*, Helminto, Zoonose.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a demanda por frutos do mar cresceu devido ao aumento da população mundial (Ziarati *et al.*, 2022). Considerados uma fonte valiosa de proteína, os setores pesqueiro e de aquicultura têm demonstrado um desenvolvimento sustentável em diversas partes do mundo; no entanto, esses avanços não estão livres de desafios (Shamsi, 2019; Tran *et al.*, 2019). Do ponto de vista da saúde pública, os desafios enfrentados por esses setores estão associados a ocorrências de intoxicação e patógenos que podem acometer os humanos a partir da ingestão de organismos aquáticos.

Diversos estudos realizados em todo o mundo apontam para a incidência de parasitos



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



em peixes que podem causar enfermidades com impacto na, na reprodução e no desenvolvimento dos hospedeiros, colocando em risco, em última análise, a segurança alimentar e a sustentabilidade tanto na aquicultura quanto nas populações de peixes de vida livre (Quiazon, 2015; Hajipour *et al.*, 2023; Shamsi *et al.*, 2025; Scholz *et al.*, 2025; Zhu *et al.*, 2025; Torres *et al.*, 2025). Nesse sentido, peixes que apresentam parasitos poderão representar riscos potenciais à saúde humana, por meio do consumo de sua carne em preparações cruas ou inadequadamente cozidas.

No entanto, a apreciação por peixe cru, especialmente sushi e sashimi, cresceu de maneira notável em razão de seu paladar marcante e suas valiosas propriedades nutricionais (Lehel *et al.*, 2021). A ingestão de frutos do mar crus pode acarretar riscos à saúde (Cavaliere *et al.*, 2023), considerando que esse hábito mostrou uma ligação positiva com um aumento na percepção do risco de contrair anisakiase ou anisquidose (Cancellieri *et al.*, 2023).

Os gêneros da família Anisakidae causadores de zoonoses são *Anisakis*, *Pseudoterranova* e, em casos raros, *Contracaecum* (Adroher-Auroux *et al.*, 2024). Esses organismos parasitos apresentam um ciclo de vida predominantemente aquático, especialmente em ambientes marinhos, utilizando mamíferos aquáticos e aves que se alimentam de peixes como hospedeiros principais, enquanto crustáceos, cefalópodes e peixes atuam como hospedeiros intermediários e/ou paratênicos (Adroher-Auroux *et al.*, 2020).

Anisakiase (resultante de espécies pertencentes ao gênero *Anisakis*) ou anisquidose (quando causada por qualquer integrante da família Anisakidae) (Kassai *et al.*, 1988), embora Santana e Cives (2009) tenha sugerido a nomeação geral de anisquidose, é uma enfermidade emergente, global e frequentemente subdiagnosticada, que ocorre em humanos devido à ingestão involuntária do terceiro estágio larval (L3) desses vermes parasitos (Adroher-Auroux *et al.*, 2024). Além disso, foi relatado um episódio de anisakiase não invasiva provocada por *Hysterothylacium aduncum* (Yagi *et al.*, 1996), da família Raphidascarididae, que é bastante próximo dos anisquídeos (Adroher-Auroux *et al.*, 2024).

Um aspecto das doenças emergentes é que os dados sobre seu potencial zoonótico são escassos (Ziarati *et al.*, 2022). No entanto, algumas sugestões para solucionar a carência de informações podem ser consideradas em pesquisas qualitativas, como proposto por Zorriehzakra *et al.* (2014) e Farzadnia; Naeemipour (2020), os quais explicam que as indagações devem ser esclarecidas nas pesquisas, como a origem, distribuição geográfica, prevalência, incidência, ecoepidemiologia, sinais clínicos, diagnósticos, análise do potencial zoonótico, possíveis fontes de exposição humana e a identificação do potencial de



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



enfermidade zoonótica.

Sendo assim, com o objetivo de contribuir para o conhecimento da anisakiase, que está inserida no contexto de doenças emergentes, este capítulo se propõe a reunir informações relevantes sobre os parasitos responsáveis por essa doença de potencial zoonótico, que está associada ao consumo de peixes, abordando sua epidemiologia, sinais clínicos e diagnóstico, bem como a prevenção e controle da enfermidade.

Epidemiologia

A epidemiologia do gênero *Anisakis* ressalta a frequência e a influência deste nematoide parasita, especialmente em áreas onde o consumo de peixe cru é comum. Diferentemente de várias outras infecções parasitárias frequentemente observadas em seres humanos, a anisakiase não se restringe apenas a nações em desenvolvimento. *Anisakis* se encontra em diversas partes do mundo, impactando tanto nações em desenvolvimento, como as da Ásia, quanto países desenvolvidos, como a Holanda e os Estados Unidos (Macelino, 2022).

A infecção humana ocorre devido a ingestão da de terceiro estágio (L3), em tecidos de peixes. Os peixes frequentemente mais relatados por apresentarem larvas de *Anisakis* e demais nematódeos causadores de anisakiase são: **Arenque** (*Clupea harengus*) (Hauck, 1977; Mattiucci *et al.*, 1989; Roepstorff *et al.*, 1993; Campbell *et al.*, 2007; Podolska *et al.*, 2014; Unger *et al.*, 2014; El Meghanawy *et al.*, 2021; Kumas *et al.*, 2024; Stryński *et al.*, 2024), **Bacalhau** (*Gadus morhua*) (Nadolna; Podolska, 2014; Pawlak *et al.*, 2019; Alt *et al.*, 2022; Severin *et al.*, 2020), **Salmão** (*Salmo salar*) (Beck *et al.*, 2008; Nogueira *et al.*, 2009; Setyobuti *et al.*, 2011; Kent *et al.*, 2020; Mo *et al.*, 2021), **Cavalinha** (família Scombridae) (Abattouy *et al.*, 2011; Sonko *et al.*, 2020; Chaiphongpachara *et al.*, 2022; Ohnishi *et al.*, 2023; Kodo *et al.*, 2023) e **Anchoa** (*Engraulis encrasicolus*) (Mladineo *et al.*, 2012; De Liberato *et al.*, 2013; Serracca *et al.*, 2014; Guardone *et al.*, 2018; Domingo-Hernández *et al.*, 2023; Díez *et al.*, 2024).

Com exceção dos estudos com o peixe Cavalinha, a maior parte dos estudos com as outras espécies de peixes supra citados são provenientes de águas marinhas européias. O que não implica necessariamente que a Europa detenha maiores casos, mas que apenas pode ser um fator indicativo de que um grande esforço de estudos científicos esteja ocorrendo possivelmente impulsionado por preocupações com a qualidade do pescado dessa região, que embora não seja a principal importadora de pescado (a Ásia, lidera a produção pesqueira mundial, com destaque para a China), tem participação significativa na produção pesqueira

No Brasil, embora não se tenha concluído a identificação do parasito, um estudo de caso descreveu os sinais clínicos e as características do exame de endoscopia de um paciente do sexo masculino que apresentou sintomas característicos de anisakiase (Cruz *et al.*, 2010) após consumir peixe cru no litoral do estado da Bahia, é aceito como único registro até o momento da enfermidade em humanos no país. Além disso, Figueiredo Junior *et al.* (2013) conduziram um estudo soroepidemiológico de delineamento transversal para identificar a presença de anticorpos IgE e IgG específicos para *Anisakis simplex* em adultos saudáveis, além de correlacioná-los ao consumo de pescado e à manifestação de sintomas alérgicos. A sororreatividade IgE foi identificada em 20,9% dos participantes, apresentando uma associação significativa com o consumo frequente de peixe ($p = 0,019$). Contudo, não foi observada uma relação entre a soropositividade e os sintomas alérgicos, o que sugere um contato anterior com antígenos de *Anisakis*, mesmo na ausência de evidências clínicas.

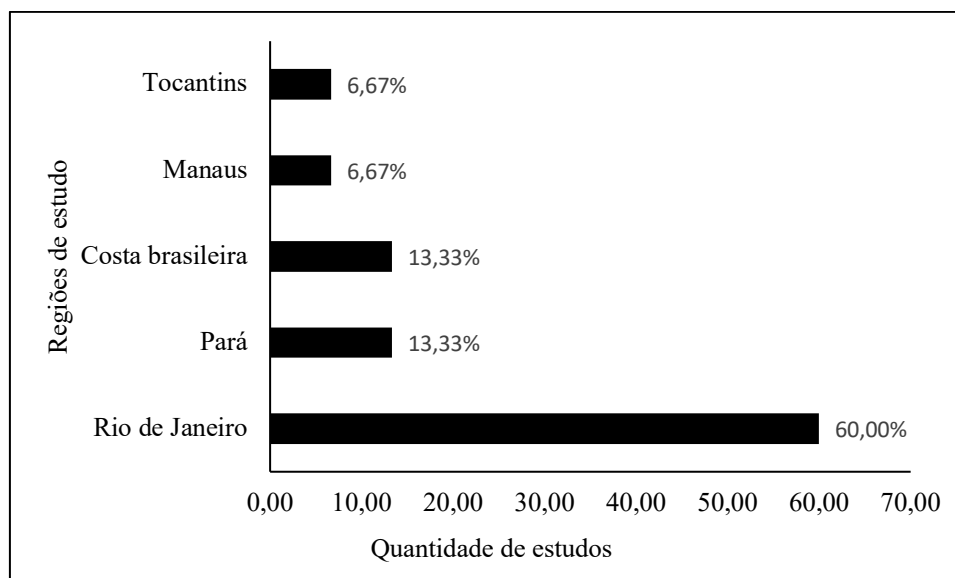
Tratando-se de estudos brasileiros em que foram registradas em peixes, larvas de nematódeos com potencial zoonótico para humanos, uma busca na plataforma PubMed revelou 15 artigos (Tabela 1). De maneira análoga ao que se verifica na Europa, constatou-se uma predominância de investigações realizadas no estado do Rio de Janeiro, provavelmente devido à expressiva presença de pesquisadores da área nessa localidade (Figura 1).

Tabela 1. Espécies de peixes e suas respectivas áreas de distribuição de larvas de *Anisakis* spp. e outros nematoides relacionados à anisakiase, conforme relatos disponíveis na base de dados PubMed.

Nome científico (hospedeiro)	Nome popular (hospedeiro)	Parasito (identificado)	Região	Autores
<i>Genypterus brasiliensis</i>	Côngrio-rosa/ congrio-rosa	<i>Anisakis typica</i> e outros nematódeos	Rio de Janeiro	Di Azevedo Iñiguez, (2018)
<i>Auxis thazard</i>	Atum fragata	<i>Anisakis typica</i> ; <i>A. physeteris</i>	Costa brasileira	Iñiguez <i>et al.</i> (2009)
<i>Paralichthys patagonicus</i> ; <i>Xystreurys rasilis</i>	Linguado; Solha	<i>Anisakis typica</i> , <i>Terranova</i> sp., <i>Contracaecum</i> sp., <i>Hysterothylacium deardorffoverstreetorum</i>	Rio de Janeiro	Fonseca <i>et al.</i> (2016)
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Pescada branca/ corvina prateada sul-americana	<i>Anisakis</i> sp.	Pará	Fontenelle <i>et al.</i> (2016)
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Pescada branca/ corvina prateada sul-americana	<i>Anisakis</i> sp.	Pará	Chagas de Souza <i>et al.</i> , (2020)
<i>Plagioscion squamosissimus</i>	Pescada branca/ corvina prateada sul-americana	<i>Terranova</i> sp.	Tocantins	Tavares <i>et al.</i> (2007)

<i>Lutjanus analis</i> , <i>L. vivanus</i> , <i>L. synagris</i> , <i>L. jocu</i> e <i>Ocyurus chrysurus</i>	Pargos	<i>Anisakis</i> , <i>Terranova</i> , <i>Contracaecum</i> e <i>Goezia</i> ; e <i>Hysterothylacium</i>	Costa nordeste brasileira: desembarcados em Aracaju, Segipe	Alvez <i>et al.</i> (2020)
<i>Priacanthus arenatus</i>	Olho de cão	<i>Anisakis</i> sp.	Rio de Janeiro	Kuraiem <i>et al.</i> (2016)
<i>Pygocentrus nattereri</i>	Piranha vermelha	<i>Anisakis</i> sp.	Manaus	Morais <i>et al.</i> (2019)
<i>Pagrus pagrus</i>	Pargo	<i>Anisakis</i> sp., <i>Contracaecum</i> sp., <i>Hysterothylacium</i> sp.	Rio de Janeiro	Saad; Luque (2009)
<i>Scomberomorus cavalla</i>	Cavala-rei	<i>Anisakis</i> sp. e <i>Contracaecum</i> sp.	Rio de Janeiro	Dias <i>et al.</i> (2011)
<i>Cynoscion guatucupa</i>	Pescada olhuda/ Maria mole	<i>Anisakis</i> sp. <i>Terranova</i> sp. e <i>Contracaecum</i> sp.	Rio de Janeiro	Fontenelle <i>et al.</i> (2013)
<i>Aluterus monóceros</i>	Unicórnio jaqueta de couro/ peixe-lixia	<i>Anisakis</i> spp. e <i>Contracaecum</i> sp	Rio de Janeiro	Dias <i>et al.</i> (2010)
<i>Selene setapinnis</i>	Peixe-lua do Atlântico	<i>Terranova</i> sp	Rio de Janeiro	Fontenelle <i>et al.</i> (2015)
<i>Trichiurus lepturus</i>	Peixe espada	<i>Anisakis typica</i>	Rio de Janeiro	Borges <i>et al.</i> (2012)

Figura 1. Distribuição percentual dos estudos realizados no Brasil sobre nematoides em peixes potencialmente causadores de anisakaíase.



Além de peixes teleósteos e cetáceos (esse último considerado como hospedeiro definitivo), Samsi *et al.* (2017) registrou a incidência de anisakaídeos em outros hospedeiros marinhos: *Procellaria cinerea* (petrel-cinza), *Eudyptula minor* (pinguim-pequeno), *Laticauda laticaudata* (krait-do-mar-de-lábios-azuis), e *Carcharhinus brevipinna* (tubarão-rotador). A disseminação da infecção por *Anisakis* ressalta a relevância desses parasitas na



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



dinâmica da ecologia marinha, evidenciando sua vasta distribuição e habilidade de infectar distintos grupos taxonômicos ao longo da cadeia alimentar. Esses resultados enfatizam a importância do monitoramento parasitológico em várias categorias marinhas, tanto para elucidar os ciclos de vida desses nematoides quanto para avaliar os potenciais riscos zoonóticos associados ao consumo de produtos do mar.

Em um estudo conduzido por Nawa *et al.* (2005), os autores explicam que embora grande parte dos restaurantes de gastronomia japonesa utilizem peixes de elevado valor econômico como o atum, salmão e solha, em estabelecimentos mais populares é comum a utilização de peixes mais baratos como bacalhau, arenque e cavala, sendo que dentre essas espécies, é mais frequente a incidência de lavas causadoras de anisakiase nos peixes financeiramente mais acessíveis, o que acaba tornando seu consumo corriqueiro. No entanto, apenas alguns parasitos presentes em peixes podem infectar humanos, levando a pensar que a essa zoonose não fosse tão frequente, nem tão significativa quando se poderia imaginar frente ao alto consumo de sushis e sashimis (Nawa *et al.*, 2005). Será que após 20 anos essa realidade é a mesma?

A anisakiase foi identificada pela primeira vez em 1960 (Van Thiel, 1960), quando foram registrados milhares de casos na Ásia, na Europa e nos Estados Unidos. Desde então, nos Estados Unidos, aproximadamente 857 surtos foram vinculados ao consumo de peixes, levando a um total de 4.815 casos de doenças, 359 hospitalizações e óbitos (Barrett *et al.* 2017).

Os achados da revisão realizada por Shamsi (2021) sugerem que a Austrália pode ser o país com a fauna de *Anisakis* mais diversificada do planeta. Desde 1916, foram documentados 234 registros de *Anisakis* spp. provenientes de diversos hospedeiros e localidades na Austrália. Isso leva à suposição de que a presença de *Anisakis* spp. e seus efeitos sobre a saúde em pelo menos 84%, 98,5% e 95% dos mamíferos marinhos, peixes e aves aquáticas australianas, respectivamente, ainda não foram adequadamente registrados (Shamsi, 2021).

É fundamental reconhecer os fatores e os mecanismos específicos que propiciam o surgimento de enfermidades para enfrentar doenças infecciosas emergentes. No contexto da globalização, da degradação de habitats, das alterações climáticas e das interconexões entre os ecossistemas de vida selvagem e domésticos, pode haver uma facilitação na propagação de enfermidades zoonóticas (Meurens *et al.* 2021).



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Manifestações clínicas e diagnóstico

Após a morte do hospedeiro, as larvas de anisquídeos não morrem de imediato; ao contrário, elas migram para os órgãos internos e para o tecido muscular do hospedeiro, onde apresentam maior probabilidade de serem transferidas para um hospedeiro definitivo potencial (Audicana *et al.*, 2002).

É de conhecido que a presença de uma única larva de anisquídeo, mesmo em frutos do mar que foram devidamente cozidos, pode provocar doenças severas em seres humanos por meio de reações alérgicas, o grau de infecção está diretamente ligado ao estado de saúde do paciente. Entretanto, o diagnóstico preciso da anisquíase ainda enfrenta diversas incertezas, mesmo no Japão, onde a enfermidade é mais prevalente e amplamente investigada. Casos ambíguos continuam a surgir, uma vez que os sintomas frequentemente se sobrepõem a outras condições gastrointestinais, resultando em diagnósticos imprecisos e, em algumas situações, em tratamentos inadequados. Esse contexto ressalta a necessidade de um aprimoramento das técnicas diagnósticas e de uma maior conscientização sobre a patologia, especialmente em regiões onde o consumo de pescado cru é habitual, em que indivíduos imunodeprimidos possuem maiores chances de agravamento dos sintomas (Audicana *et al.*, 2002).

As reações de sensibilização alérgicas aparentam englobar as três espécies irmãs do complexo *Anisakis simplex* (*Anisakis simplex* sensu stricto, *Anisakis simplex* C e *Anisakis pegreffii*) (Paggi *et al.*, 1985; Mattiucci *et al.*, 1997; D'amelio *et al.*, 2000; Paggi *et al.*, 2001; Mattiucci *et al.*, 2011).

Petitório (2007) classifica os aspectos clínicos de anisquíase em (i) intestinal aguda: quando há dor abdominal aguda, levando a investigação por endoscopia, na qual evidenciam-se lesões associadas a larvas do nematoídeo, que pode ser retirada por meio de laparotomia e identificada por caracteres morfológicos; (ii) aguda e urticária: quando há dor abdominal associada a urticária, e histórico de consumo de peixes em preparações cruas; (iii) crônica e urticária: quando há urticária, mas ausência de sintomas intestinais, e histórico de consumo de peixe em preparações cozidas. Além da identificação morfológicas, a introdução de técnicas moleculares, tornou possível identificar nematoides anisquídeos em nível de espécie (Jabbar *et al.*, 2013).

Entretanto, o diagnóstico clínico preciso da anisquíase ainda enfrenta diversas incertezas, mesmo no Japão, onde a enfermidade é mais prevalente e amplamente investigada. Casos ambíguos continuam a surgir, uma vez que os sintomas frequentemente se sobrepõem a outras condições gastrointestinais, resultando em diagnósticos imprecisos



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



(Karasawa *et al.* 2008; Shamsi and Sheorey 2018; Seal *et al.* 2020). Os sintomas alérgicos também podem apresentar maiores complexidades no histórico clínico em casos que os pacientes exibem manifestações crônicas, como urticária crônica, dermatite de contato, asma e rinoconjuntivite, especialmente quando esses indivíduos já apresentam predisposições atópicas (Carreto Anibaro *et al.*, 1997; Daschner *et al.*, 2005).

Por isso, o diagnóstico de alergia ao *Anisakis* baseia-se na avaliação de sintomas clínicos, no relato de exposição a frutos do mar associado a identificação de IgE específica para *Anisakis*, ou ainda na realização de um teste cutâneo (SPT) positivo para *Anisakis*, na ausência de IgE específica para o peixe ou marisco em questão (Daschner *et al.*, 2001; Baeza *et al.*, 2001), para que diagnósticos inadequados sejam minimizados, garantindo assim o tratamento eficaz contra essa parasitose.

Prevenção e controle

Conhecer os meios de transmissão de uma enfermidade é o ponto inicial para discutir sua prevenção e controle. Ainda que o sistema imunológico desempenhe um papel fundamental na avaliação da gravidade das enfermidades zoonóticas de origem aquática, essas doenças afetam os seres humanos de duas maneiras principais: (i) por meio do consumo de peixe cru ou inadequadamente cozido, bem como pela ingestão de água ou outras substâncias contaminadas com fezes ou secreções de peixes infectados, e (ii) através do contato com o agente infeccioso por intermédio de feridas abertas, arranhões ou abrasões na pele (Ziarati *et al.*, 2022). Raissy (2017) destaca que 46% das doenças zoonóticas ligadas a peixes são transmitidas pela via oral, enquanto 15% apresentam múltiplas vias de transmissão, enquanto que a disseminação por meio do consumo de água contaminada por organismos infecciosos e o contato com a pele durante o manuseio de peixes ocorrem em proporções de 24% e 19%, respectivamente.

Os tópicos anteriores desse capítulo de revisão narrativa evidenciou em vários momentos de discussão que a enfermidade anisakiase ocorre através do consumo de peixe cru ou malcozido e processo alérgicos podem ser desencadeados mesmo em preparações cozidas, até mesmo se industrialmente sejam destinados a procedimentos de autoclavagem (Carballeda-Sangião *et al.*, 2014), sendo assim, uma das recomendações para prevenir a disseminação de larvas responsáveis pela anisakiase é a evisceração dos peixes o mais rapidamente possível, a fim de evitar a migração para o tecido muscular dos mesmos. Domingo-Hernández *et al.* (2023) identificaram em seu estudo realizado no Golfo da Biscaia (Europa) a presença de 19 larvas na superfície dos peixes, evidenciando a capacidade



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



migratória dessas larvas após a morte dos organismos. A proporção de larvas de *A. simplex* s.s./*A. pegreffii* encontrada na superfície da anchova é equivalente àquela observada nas vísceras e inferior à registrada no músculo, sugerindo que a maioria das larvas que migram para a superfície provavelmente se origina do pacote visceral, ressaltando a importância de se proceder à remoção das vísceras dos peixes imediatamente após a captura, especialmente para aquelas espécies em que essa prática é viável (Domingo- Hernández *et al.*, 2023).

Para a prevenção da anisakiase, diversas nações, incluindo os países da União Europeia (UE), os Estados Unidos da América (EUA) e o Canadá, impõem a exigência de que o peixe cru seja submetido ao congelamento antes de ser disponibilizado no mercado ou passar por outro tipo de processamento, com o intuito de eliminar larvas de parasitas viáveis (Podolska *et al.*, 2019). O processo de formação de cristais de gelo é fundamental não apenas para garantir a qualidade do produto pesqueiro, mas também para a sobrevivência de nematoides anisquídeos durante o congelamento (Wharton e Aalders, 2002). Os resultados do experimento realizado por Podolska *et al.* (2019) não indicaram uma diferença significativa na tolerância ao congelamento entre *A. simplex* s.s. e *Pseudoterranova* spp, sendo que as larvas anisquídeos presentes em filés de *G. morhua* (Bacalhau) morreram a uma temperatura de -15 °C ou inferior. Entretanto, uma investigação conduzida por Sanchez-Alonso *et al.* (2018) revelou que as larvas de *A. simplex*, durante o congelamento, apresentam uma liberação aumentada de alérgenos em comparação às larvas não submetidas a baixas temperaturas, o que pode potencializar o risco alérgico associado a frutos do mar congelados que contenham *Anisakis*.

Técnicas laboratoriais empregadas para a detecção e quantificação de antígenos ou anticorpos, caracterizadas por alta sensibilidade e especificidade, têm sido amplamente utilizadas, como demonstrado no estudo de Kachanowski *et al.* (2020), que avaliou imunoenaios de quimioluminescência para a detecção de *Anisakis*, apresentando resultados promissores, contribuindo assim para a melhoria do controle sanitário de filés de pescado industrializados.

Sendo assim, a compreensão das vias de transmissão das zoonoses aquáticas, em particular da anisakiase, é fundamental para embasar ações preventivas e de controle sanitário eficazes. A adoção de medidas como a evisceração imediata, o congelamento apropriado de produtos pesqueiros e a implementação de técnicas laboratoriais sensíveis, como os imunoenaios de quimioluminescência, configura estratégias complementares no enfrentamento desse problema. Mesmo após processos industriais, os riscos alérgicos associados à ingestão de pescado contaminado ressaltam a importância de normas rigorosas



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



de inspeção e educação sanitária, direcionadas tanto a consumidores quanto a profissionais envolvidos na cadeia produtiva do pescado. A articulação entre ciência, regulamentação e conscientização social é, portanto, o caminho mais eficaz para mitigar os impactos da anisakiase na saúde pública.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A anisakiase se apresenta como uma zoonose emergente de crescente relevância, especialmente em virtude da popularização do consumo de peixes crus ou malcozidos em diversas regiões do globo. Este capítulo compila evidências científicas que demonstram a ampla distribuição geográfica dos nematoides da família Anisakidae, os quais afetam diferentes espécies de peixes marinhos e, acidentalmente, o ser humano, principalmente por meio da ingestão de larvas viáveis presentes nos músculos e vísceras dos peixes.

Observou-se que, embora a maioria das investigações esteja concentrada na Europa, há registros significativos em países de outros continentes, incluindo o Brasil, o que reforça a relevância do monitoramento parasitológico regionalizado e contínuo. Contudo, mesmo sendo uma preocupação em diversas partes do mundo e afetando a saúde humana, a anisakiase continua a ser um tema pouco explorado e frequentemente negligenciado, especialmente em países em desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento Superior/CAPES (Código de financiamento 001). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pela concessão da bolsa de doutorado à discente Hozana Sousa Soares.

REFERÊNCIAS

ABATTOUY, N.; *et al.* *Anisakis simplex* s.l. parasitization in mackerel (*Scomber japonicus*) caught in the North of Morocco--prevalence and analysis of risk factors. **International Journal of Food Microbiology**, v. 1, n. 150 (2-3), p. 136-139, 2011.

ADROHER-AUROUX, F. J.; BENÍTEZ-RODRÍGUEZ, R. Anisakiasis e *Anisakis*: Uma doença emergente subdiagnosticada e seus principais agentes etiológicos. **Research in Veterinary Science**, v. 132, p. 535–545, 2020.

ADROHER-AUROUX, F. J.; MORALES-YUSTE, M.; BENÍTEZ, R. Anisakiasis and Anisakidae. **Pathogens**, v. 13, n. 148, 2024.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



ALT, K. G.; FELDMEYER, B.; KOCHMANN, J.; KLIMPEL, S. Gene expression and allergenic potential of *Pseudoterranova bulbosa* L3 from different infection sites in North Atlantic cod (*Gadus morhua*). **Journal of Fish Diseases**, v. 45, n. 8, p. 1073-1086, 2022.

ALVES, A. M. *et al.* Anisakidae Skrjabin & Karokhin, 1945 and Raphidascarididae Hartwich, 1954 nematodes in lutjanidae (Pisces: Perciformes) from the Brazilian Northeast Coast. **Brazilian Journal of Biology**, v. 80, n. 2, p. 255-265, 2020.

AUDICANA, M. T. *et al.* *Anisakis simplex*: dangerous—dead and alive? **Trends in parasitology**, v. 18, n. 1, p. 20-25, 2002.

BAEZA, M. L.; ZUBELDIA, J. M.; RUBIO, M. *Anisakis simplex* allergy. **ACI International**, v. 13, p. 242–249, 2001.

BECK, M. *et al.* *Anisakis simplex* sensu lato associated with red vent syndrome in wild adult Atlantic salmon *Salmo salar* in England and Wales. **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 16, n. 82 (1), p. 61-65, 2008.

BORGES, J. N.; *et al.* Morphological and molecular diagnosis of anisakid nematode larvae from cutlassfish (*Trichiurus lepturus*) off the coast of Rio de Janeiro, Brazil. **PLoS One**, v. 7, n. 7, e 40447, 2012.

CAMPBELL, N. *et al.* Variações espaciais e temporais na prevalência de parasitas e estrutura infracomunitária em arenque (*Clupea harengus* L.) capturado a oeste das Ilhas Britânicas e nos mares do Norte e Báltico: implicações para a ciência pesqueira. **Journal of Helminthology**, v. 81, n. 2, p. 137-146, 2007.

CANCELLIERI, U. G. *et al.* Can Food Safety Practices and Knowledge of Raw Fish Promote Perception of Infection Risk and Safe Consumption Behavior Intentions Related to the Zoonotic Parasite *Anisakis*?. **Sustainability**, v. 15, n. 9, 2023.

CARBALLEDA-SANGIAO, N.; *et al.* Identification of autoclave-resistant *Anisakis simplex* allergens. **Journal of Food Protection**, v. 77, n. 4, p. 605-609, 2014.

CARRETERO ANIBARRO, P. *et al.* Protein contact dermatitis caused by *Anisakis simplex*. **Contact Dermatitis**, v. 37, n. 247, 1997.

CAVALIERE, A. F. *et al.* Case report: vertical transmission of *Plesiomonas shigelloides*. Is it time to strengthen information on safety concerns for raw seafood dietary exposure in pregnancy?. **Journal of Maternal-fetal & Neonatal Medicine**, v. 6, n. 1, 2023.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



CHAGAS DE SOUZA D. *et al.* Metazoan parasites of *Plagioscion squamosissimus* (Osteichthyes: Sciaenidae) of two rivers from the eastern Amazon (Brazil). **Annals of Parasitology**, v. 66, n. 2, p. 217-225, 2020.

CHAIPHONGPACHARA, T. *et al.* ADISAKWATTANA, P.; SUWANDITTAKUL N. Intraspecific Genetic Variation of *Anisakis typica* in Indian Mackerel Caught from the Gulf of Thailand, Samut Songkhram Province. **Scientific World Journal**, v. 21, e 2122619, 2022.

CRUZ, A. R. da. *et al.* Endoscopic imaging of the first clinical case of anisakidosis in Brazil. **Scientia Parasitologica**, v. 11, n. 2, p. 97-100, 2010.

D'AMELIO, S. *et al.* Genetic markers in ribosomal DNA for the identification of members of the genus *Anisakis* (Nematoda: ascaridoidea) defined by polymerase-chain-reaction-based restriction fragment length polymorphism. **International Journal for Parasitology**, v. 30, p. 223–226, 2000.

DASCHNER, A.; *et al.* Allergy and parasites reevaluated: wide-scale induction of chronic urticaria by the ubiquitous fish-nematode *Anisakis simplex* in an endemic region. **Allergologia et Immunopathologia**, v.33, p.:31– 37, 2005.

DASCHNER, A. *et al.* Gastroallergic anisakiasis: borderline between food allergy and parasitic disease-clinical and allergologic evaluation of 20 patients with confirmed acute parasitism by *Anisakis simplex*. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v. 105, p. 176–181, 2000.

DI AZEVEDO, M.I.N.; IÑIGUEZ, A.M. Nematode parasites of commercially important fish from the southeast coast of Brazil: morphological and genetic insight. **International journal of food microbiology**, v. 267, p. 29-41, 2018

DIAS, F.J. *et al.* Larvae of Anisakidae nematodes and Trypanorhyncha cestodes of public health importance in *Aluterus monoceros* (Linnaeus, 1758) in Rio de Janeiro State, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria**, v. 19, n. 2, p. 94-77, 2010.

DIAS, F.J. *et al.* Anisakidae nematodes and Trypanorhyncha cestodes of hygienic importance infecting the king mackerel *Scomberomorus cavalla* (Osteichthyes: Scombridae) in Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 10, n. 175(3-4), p. 351-355, 2011.

DÍEZ G. *et al.* Variation in the levels of anisakid infection in the European anchovy *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus) from the Bay of Biscay during the period 2000-2023 (ICES Subarea 8). **Parasitology Research**, v. 13, n. 123(1), 2024.

DOMINGO-HERNÁNDEZ, A.M. *et al.* Anisakis infection in anchovies (*Engraulis encrasicolus*) from Iberian waters, southwestern Europe: Post-mortem larval migration. **Research in Veterinary Science**, v. 157, p. 26-34, 2023.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



EL MEGHANAWY, R.A. *et al.* Caracterização epidemiológica, morfológica e molecular de *Anisakis simplex* (sensu stricto) em *Clupea harengus* do Egito. **Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports**, v. 24, e 100574, 2021.

FARZADNIA, A.; NAEEMIPOUR, M. Técnicas moleculares para a detecção de patógenos zoonóticos bacterianos em peixes e humanos. **Aquaculture International**, v. 28, n. 1, p. 309–320, 2020.

FIGUEIREDO JUNIOR, I. Cross-sectional study of serum reactivity to *Anisakis simplex* in healthy adults in Niterói, Brazil. **Acta Parasitologica**, v. 58, n. 3, p. 399-404, 2013.

FONSECA, M. C. *et al.* Integrative taxonomy of Anisakidae and Raphidascarididae (Nematoda) in *Paralichthys patagonicus* and *Xystreurys rasile* (Pisces: Teleostei) from Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 17, n. 235, p. 113-124, 2016.

FONTENELLE, G. *et al.* Anisakid larva parasitizing *Plagioscion squamosissimus* in Marajó Bay and Tapajós River, state of Pará, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.25, p. 492-496, 2016.

FONTENELLE, G. *et al.* Anisakidae and Raphidascarididae larvae parasitizing *Selene setapinnis* (Mitchill, 1815) in the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 24, n. 1, p. 72-77, 2015.

FONTENELLE, G. *et al.* Nematodes of zoonotic importance in *Cynoscion guatucupa* (Pisces) in the state of Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 22, n.2, p. 281-284, 2013.

GUARDONE, L *et al.* *Anisakis* spp. larvae in different kinds of ready to eat products made of anchovies (*Engraulis encrasicolus*) sold in Italian supermarkets. **International Journal of Food Microbiology**, v.2, n. 268, p.10-18, 2018.

HAJIPOUR, N.J. *et al.* A review on fish-borne zoonotic parasites in Iran. **Veterinary Medicine and Science**, v. 9, n. 2, p. 748–777, 2023.

HAUCK, A. K. Ocorrência e sobrevivência do nematoide larval *Anisakis* sp. na carne de arenque do Pacífico fresco, congelado, em salmoura e defumado, *Clupea harengus pallasii*. **Journal of Parasitology**, v. 63, n. 3, p. 515-519, 1977.

IÑIGUEZ, A. M. *et al.* Genetic characterization of *Anisakis typica* and *Anisakis physeteris* from marine mammals and fish from the Atlantic Ocean off Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 12, n. 165(3-4), p. 350-356, 2009.

JABBAR, A. *et al.* Molecular characterization of anisakid nematode larvae from 13 species



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



of fish from Western Australia. **International Journal of Food Microbiology**, v. 161, n. 3, p. 247-253, 2013.

KARASAWA, Y. *et al.* Current situation of anisakiasis: the second national survey. **Nihon Iji Shimpō**, v. 4386, p. 68–74, 2008.

KENT, A.J. *et al.* Increasing intensities of *Anisakis simplex* third-stage larvae (L3) in Atlantic salmon of coastal waters of Scotland. **Parasites & Vectors**, v. 12, n. 62, 2020.

KOCHANOWSKI, M. *et al.* Development and Application of Novel Chemiluminescence Immunoassays for Highly Sensitive Detection of *Anisakis simplex* Proteins in Thermally Processed Seafood. **Pathogens**, v. 23, n. 9(10), 2020.

KODO Y.; *et al.* Prevalence of *Anisakis* larvae in cultured mackerel *Scomber japonicus* in Japan and the relationship between the intensity of *Anisakis* infection in cultured mackerel and fish fatness. **International Journal of Food Microbiology**, v. 2, n. 404, e 110347, 2023.

KUMAS, K. *et al.* Localização e eliminação de larvas de terceiro estágio de *Anisakis simplex* em arenque do Atlântico *Clupea harengus* L. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 17, n. 24, e 100937, 2024.

KURAIEM, B.P. *et al.* Nematode larvae infecting *Priacanthus arenatus* Cuvier, 1829 (Pisces: Teleostei) in Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 31, n. 88(2), p. 857-863, 2016.

LEHEL, J. *et al.* Possible food safety hazards of ready-to-eat raw fish containing product (sushi, sashimi). **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 6, p. 867-888, 2021.

LEVSEN, A.; LUNESTAD, B.T. *Anisakis simplex* third stage larvae in Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus* L.), with emphasis on larval distribution in the flesh. **Veterinary Parasitology**, v. 4, n. 171(3-4), p. 247-253, 2010.

LIBERATO, C de. *et al.* Presence of anisakid larvae in the European anchovy, *Engraulis encrasicolus*, fished off the Tyrrhenian coast of central Italy. **Journal of Food Protection**, v. 76, n. 9, p.1643-1648, 2013.

MARCELINO, L, A. Potential of Anisakiasis in Foodborne Zoonosis. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 42, n. 4, p. 433-444, 2022.

MATTIUCCI, S. *et al.* Electrophoretic identification of *Anisakis* sp. larvae (Ascaridida: Anisakidae) from *Clupea harengus* L. in Baltic Sea. **Parassitologia**, v. 31, n. 1, p. 45-49, 1989.



MATTIUCCI, S. *et al.* Genetic and ecological data on the *Anisakis simplex* complex, with evidence for a new species (Nematoda, Ascaridoidea, Anisakidae). **Journal of Parasitology**, n. 83, p. 401–416, 1997.

MATTIUCCI, S. *et al.* Genetic divergence and reproductive isolation between *Anisakis brevispiculata* and *Anisakis physeteris* (Nematoda: Anisakidae). **International Journal for Parasitology**, v. 31, p. 9–14, 2001.

MEHRDANA, F. *et al.* Occurrence of zoonotic nematodes *Pseudoterranova decipiens*, *Contracaecum osculatum* and *Anisakis simplex* in cod (*Gadus morhua*) from the Baltic Sea. **Veterinary Parasitology**, v. 15, n. 205(3-4), p. 581-587, 2014

MLADINEO, I. *et al.* Molecular identification and population dynamic of *Anisakis pegreffii* (Nematoda: Anisakidae Dujardin, 1845) isolated from the European anchovy (*Engraulis encrasicolus* L.) in the Adriatic Sea. **International Journal of Food Microbiology**, v. 2, n. 157(2), p. 224-229, 2012.

MO, T. A. *et al.* Increasing intensities of *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809 det. Krabbe, 1878) larvae with weight and sea age in returning adult Atlantic salmon, *Salmo salar* L., of coastal waters of Norway. **Journal of Fish Diseases**, v. 44, n. 8, p. 1075-1089, 2021.

MORAIS, A. M. *et al.* Nematofauna of red piranha *Pygocentrus nattereri* (Kner, 1958) (Characiformes: Serrasalminidae) from Amazonia, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 1, n. 28(3), p. 458-464, 2019.

MOSER, M.; HSIEH, J. Biological tags for stock separation in Pacific herring *Clupea harengus pallasii* in California. **Journal of Parasitology**, v. 78, n. 1, p. 54-60, 1992.

NADOLNA, K.; PODOLSKA, M. Larvas de anisakid no fígado de bacalhau (*Gadus morhua*) L. do sul do Mar Báltico. **Journal of Helminthology**, v. 88, n. 2, p. 237-246, 2014.

NAWA, Y. *et al.* Sushi delights and parasites: the risk of fishborne and foodborne parasitic zoonoses in Asia. **Clinical infectious diseases**, v. 41, n. 9, p. 1297-1303, 2005.

NOGUERA, P. *et al.* Red vent syndrome in wild Atlantic salmon *Salmo salar* in Scotland is associated with *Anisakis simplex* sensu stricto (Nematoda: Anisakidae). **Diseases of Aquatic Organisms**, v. 3, n. 87(3), p. 199-215, 2009.

OHNISHI, T. *et al.* Prevalence and abundance of *Anisakis* larvae in ready-to-eat mackerel products in Japan. **International Journal of Food Microbiology**, v. 16, n. 395, e 110181, 2023.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



PAGGI, L. *et al.* Biochemical taxonomy of ascaridoid nematodes. **Parassitologia**, v. 27, p.105–12, 1985.

PAGGI, L. *et al.* Allozyme and PCR-RFLP markers in anisakid nematodes, aethiological agents of human anisakidosis. **Parassitologia**, v. 43, n. 1, p. 21–27, 2001.

PAWLAK, J. *et al.* First evidence of the presence of *Anisakis simplex* in *Crangon crangon* and *Contracaecum osculatum* in *Gammarus* sp. by *in situ* examination of the stomach contents of cod (*Gadus morhua*) from the southern Baltic Sea. **Parasitology**, v. 146, n. 13, p. 1699-1706, 2019.

PETITHORY, J.C. Données nouvelles sur l'anisakidose. **Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine**, v. 191, n. 1, p. 53-66, 2007.

PODOLSKA, M. *et al.* How effective is freezing at killing *Anisakis simplex*, *Pseudoterranova krabbei*, and *P. decipiens* larvae? An experimental evaluation of time-temperature conditions. **Parasitology Research**, v. 118, p. 2139-2147, 2019.

PODOLSKA, M.; NADOLNA K. Acetylcholinesterase secreted by *Anisakis simplex* larvae (Nematoda: Anisakidae) parasitizing herring, *Clupea harengus*: an inverse relationship of enzyme activity in the host-parasite system. **Parasitology Research**, v. 113, n. 6, p. 2231-2238, 2014.

QUIAZON, K.M.A. Updates on Aquatic Parasites in Fisheries: Implications to Food Safety, Food Security and Environmental Protection. **Journal of Coastal Zone Management**, v.1, n. 1, 2015.

RAISSY, M. Bacterial zoonotic disease from fish: a review. **Journal of Food Microbiology**, v. 4, n. 2, p. 15–27, 2017.

ROEPSTORFF, A. *et al.* Catch Handling and the Possible Migration of *Anisakis* Larvae in Herring, *Clupea harengus*. **Journal of Food Protection**, v. 56, n. 9, p. 783-787. 1993.

SAAD, CD.; LUQUE, J.L. Larval Anisakidae in musculature of *Pagrus pagrus* from the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 18, n. 1, p. 71-73, 2009.

SÁNCHEZ-ALONSO, I. *et al.* Pathogenic potential of *Anisakis* L3 after freezing in domestic freezers. **Food Control**, v. 84, p. 61-69, 2018.

SCHOLZ, T. *et al.* The first autochthonous case of diphyllbothriosis, caused by broad fish tapeworm (*Dibothriocephalus latus*), in the Czech Republic. **Epidemiology, Microbiology, Immunology**, v. 74, n. 1, p. 76–79, 2025.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



SEAL, A. *et al.* A preliminary report on the awareness and knowledge of seafood-borne parasitic diseases among medical doctors in Australia. **Parasitology International**, v. 74, p. 101993–101993, 2020.

SERRACCA, L. *et al.* Food safety considerations in relation to *Anisakis pegreffii* in anchovies (*Engraulis encrasicolus*) and sardines (*Sardina pilchardus*) fished off the Ligurian Coast (Cinque Terre National Park, NW Mediterranean). **International Journal of Food Microbiology**, v. 3, n. 190, p. 79-83, 2014.

SETYOBUDI, E. *et al.* Occurrence and identification of *Anisakis* spp. (Nematoda: Anisakidae) isolated from chum salmon (*Oncorhynchus keta*) in Korea. **Parasitology Research**, v. 108, n. 3, p. 585-592, 2011.

SEVERIN, N.L. *et al.* Anisakid nematode larvae in the liver of Atlantic cod *Gadus morhua* L. from West Greenland. **Parasitology Research**, v. 119, n. 10, p. 3233-3241, 2020.

SHAMSI, S. The occurrence of *Anisakis* spp. in Australian waters: past, present, and future trends. **Parasitology research**, v. 120, n. 9, p. 3007–3033, 2021.

SHAMSI, S. Seafood-borne parasitic diseases: a “One Health” approach is needed. **Fishes**, v.4, n. 1, 2019.

SHAMSI, S. Recent advances in our knowledge of Australian anisakid nematodes. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 3, n. 2, p. 178-187, 2014.

SHAMSI, S. Seafood-borne parasitic diseases: A “one-health” approach is needed. **Fishes**, v. 4, n. 1, p. 9, 2019.

SHAMSI, S. *et al.* Zoonotic and ecological implications of parasites in a popular edible fish, *Saurida tumbil* (Family Synodontidae): Insights from review and original research. **International Journal of Food Microbiology**, v. 441, e111324, 2025.

SHAMSI, S.; SHEOREY, H. Seafood-borne parasitic diseases in Australia: are they rare or underdiagnosed? **Internal Medicine Journal**, v. 48, n. 5, p. 591–596, 2018.

SONKO, P.; *et al.* Multidisciplinary approach in study of the zoonotic *Anisakis* larval infection in the blue mackerel (*Scomber australasicus*) and the largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) in Northern Taiwan. **Journal of Microbiology, Immunology and Infection**, v. 53, n. 6, p. 1021-1029, 2020.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



STRYŃSKI, R.; *et al.* The response of *Anisakis simplex* (s. s.) to anthelmintics - Specific changes in xenobiotic metabolic processes. **Experimental Parasitology**, v. 261, e 108751, 2024.

TAVARES, L.E. *et al.* Larvals of *Terranova* sp. (Nematoda: Anisakidae) parasitic in *Plagioscion squamosissimus* (Perciformes: Sciaenidae) from Araguaia River, State of Tocantins, Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 16, n. 2, p. 110-115, 2007.

TORRES, P.; *et al.* The Broad Fish Tapeworms *Dibothriocephalus* spp., the sealworm *Phocanema cattani*, And other endohelminth parasites in the returning nonnative chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, in the Valdivia River Basin, Chile. **The Journal of Parasitology**, v. 111, n. 3, p.210–226, 2025.

TRAN, A.K.T. *et al.* Prevalence, Species Distribution, and Related Factors of Fish-Borne Trematode Infection in Ninh Binh Province, Vietnam. **BioMed Research International**, v. 30, e 8581379, 2019.

UEDA, B.H. *et al.* Parasites of farmed and commercially important fish in Brazil: a scientometric study. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 7, p. 851-854, 2013.

UNGER, P. *et al.* Metazoan parasites from herring (*Clupea harengus* L.) as biological indicators in the Baltic Sea. **Acta Parasitologica**, v. 59, n. 3, p. 518-528, 2014.

VAN THIEL, P.H. *et al.* A nematode parasitic to herring, causing acute abdominal syndromes in man. **Tropical and geographical Medicine**, v. 2, n. 97-113, 1960.

WHARTON, D. A.; AALDERS, O. The response of *Anisakis* larvae to freezing. **Journal of Helminthology**, 76:363–368, 2002.

YAGI, K. *et al.* Female worm *Hysterothylacium aduncum* excreted from human: A case report. **Japanese Journal of Parasitology**, v. 45, n. 12–23, 1996.

ZHU, Y.Y. *et al.* Determinants of *Clonorchis sinensis* infection and subsequent treatment: a qualitative study in Guangxi, China. **Acta Tropica**, v. 267, e107664, 2025.

ZIARATI, M. *et al.* Zoonotic diseases of fish and their prevention and control. **Veterinary Quarterly**, v. 42, n. 1, p. 95-118, 2022.

ZORRIEHZAHRA, M.E.J. *et al.* Can viral nervous necrosis (VNN) disease be considered a new invasion or a new zoonotic disease? Assessing the zoonotic potential of aquatic



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



animal diseases. In: 9th International Symposium on Lower Vertebrate Viruses, 1–4 October 2014, Málaga, Spain, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/256418647_CAN_VIRAL_NERVOUS_NECROSIS_VNN_DISEASE_BE_CONSIDERED_AS_A_NEW_INVASION_OR_NEW_ZOONOTIC_DISEASE_ASSESSING_THE_ZOONOTIC_POTENTIAL_OF_AQUATIC_ANIMAL_DISEASES. Acesso em: 28 nov. 2024.



Aspectos clínicos e epidemiológicos da esporotricose felina: Revisão de Literatura

Thaís Camila Pereira Veloso¹; Larissa Sarmiento dos Santos Ribeiro²

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A esporotricose felina é uma micose subcutânea de grande relevância para a saúde pública, pois apresenta transmissão zoonótica e alto potencial de contaminação ambiental. Causada por fungos dimórficos do complexo *Sporothrix*, destaca-se a espécie *Sporothrix brasiliensis* como a mais patogênica e amplamente associada aos casos clínicos no Brasil, onde se observa um aumento crescente de infecções nos últimos anos, especialmente em áreas urbanas e periurbanas. Essa espécie já foi registrada em pelo menos quatro países da América do Sul: Argentina, Chile, Paraguai e Brasil, este último com o maior número de casos, especialmente nas regiões Sudeste e Nordeste. Diante disso, esta revisão de literatura aborda aspectos importantes da esporotricose felina, incluindo sua epidemiologia, etiologia, patogênese, manifestações clínicas, diagnóstico e tratamentos disponíveis, ressaltando a importância da conscientização pública e do manejo adequado dos animais infectados para o controle da doença.

Palavras-Chaves: Zoonose emergente, *Sporothrix*, felídeos.

INTRODUÇÃO

A esporotricose felina é uma micose subcutânea causada por fungos do complexo *Sporothrix*, sendo *Sporothrix brasiliensis* a principal espécie associada aos casos clínicos no Brasil e reconhecida como a mais virulenta do complexo (Rodrigues *et al.*, 2013; Rodrigues *et al.*, 2014; Gremião *et al.*, 2015). A doença representa um problema relevante para a saúde pública devido à ocorrência de surtos epidêmicos, ao alto potencial de persistência ambiental e à sua transmissão zoonótica, na qual os gatos domésticos desempenham um papel central na disseminação do agente (Gonçalves *et al.*, 2019; Rodrigues *et al.*, 2014; Paraná, 2023; Pires, 2017). Além disso, a esporotricose felina é a micose subcutânea mais comum na América Latina, com maior incidência em regiões de clima tropical, subtropical e temperado (Duval, 2019; Gremião *et al.*, 2017).

No Brasil, a doença teve sua maior disseminação inicialmente na região Sudeste, com destaque para os estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais (Lopes-Bezerra *et al.*, 2018; Gremião *et al.*, 2015; Gremião *et al.*, 2020a). No entanto, nos últimos anos, tem-se observado uma expansão geográfica, com aumento no número de casos relatados na região Nordeste,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



incluindo registros no Ceará, Alagoas, Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Maranhão (Damasceno *et al.*, 2023; De Castro Pires *et al.*, 2024; Figueira; Nunes, 2010; Gremião *et al.*, 2020a; Marques *et al.*, 2013; Silva *et al.*, 2018).

A transmissão ocorre predominantemente pela inoculação traumática do fungo na pele, geralmente por meio de arranhaduras e mordeduras de gatos infectados (Rodrigues *et al.*, 2022). As manifestações clínicas são variadas e dependem de fatores como a resposta imunológica do hospedeiro, a profundidade da inoculação do agente e sua patogenicidade (Téllez-Martínez *et al.*, 2019). Os sinais clínicos mais comuns incluem lesões ulceradas na pele, frequentemente acometendo a mucosa oral e nasal, além de linfadenomegalia regional. Em casos mais graves, pode haver acometimento sistêmico, enquanto a forma linfangítica, embora descrita, é menos frequente (Gremião *et al.*, 2020b). O diagnóstico pode ser realizado por exames citopatológico, histopatológico e cultura fúngica, que auxiliam na confirmação da infecção (Téllez-Martínez *et al.*, 2019).

Diante da relevância da esporotricose felina para a saúde pública e de sua crescente disseminação geográfica, esta revisão tem como objetivo analisar os principais aspectos clínicos e epidemiológicos da doença. Serão abordadas as manifestações clínicas, formas de diagnóstico e fatores epidemiológicos que influenciam a disseminação do agente, permitindo uma melhor compreensão da dinâmica da esporotricose e auxiliando no desenvolvimento de estratégias eficazes para controle, manejo e prevenção da enfermidade.

Breve histórico da esporotricose

A esporotricose foi descrita pela primeira vez em 1898, nos Estados Unidos, por Schenk, que relatou um caso de infecção em um homem de 36 anos com lesões no membro superior direito (Larsson, 2011; Lopes-Bezerra *et al.*, 2018). Em 1900, Hektoen e Perkins descreveram o segundo caso no país, envolvendo um menino, que após um trauma no dedo causado por um martelo, desenvolveu uma sucessão de abscessos no membro superior, com posterior regressão espontânea das lesões. Os autores classificaram o fungo causador como *Sporothrix schenckii* (Hektoen; Perkins, 1900).

Na Europa, o primeiro caso foi relatado em 1901 por Beurmann e Ramond. Inicialmente, o fungo foi nomeado *Sporotrichum beurmanni* devido a uma mudança na coloração da colônia, no entanto, pesquisas posteriores confirmaram que se tratava da mesma espécie descrita por Schenk anos antes (Lopes-Bezerra *et al.*, 2018; Rodrigues *et al.*, 2020).

Em 1907, a esporotricose foi relatada pela primeira vez no Brasil, por Lutz e Splendore, em ratos. Na época, os autores sugeriram a possibilidade de transmissão



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



zoonótica e demonstraram o cultivo *in vitro* das leveduras (Barros; De Almeida Paes; Schuback, 2011). Entre 1907 e 1964, foram documentados 12 casos em cães e oito em gatos (Bison; Parentoni; Brasil, 2020a), no entanto, foi apenas em 1998 que a doença se tornou hiperendêmica no Brasil, especialmente no estado do Rio de Janeiro, sendo amplamente disseminada por gatos domésticos (Araújo; da Silva; Juliano, 2017; Silva; Machado; Junior, 2023).

Um avanço significativo ocorreu em 2006, quando Marimon e colaboradores identificaram que o agente etiológico da esporotricose não era apenas *S. schenckii*, mas sim um complexo de espécies (Marimon *et al.*, 2006). No ano seguinte, foram descritas as espécies *Sporothrix globosa*, *Sporothrix mexicana* e *Sporothrix brasiliensis*, sendo esta última exclusiva do Brasil e responsável pela maioria dos casos no país, especialmente em felinos domésticos (Silva; Machado; Junior, 2023). Em 2019, *S. brasiliensis* foi identificada pela primeira vez fora do Brasil, em países da América do Sul: Argentina (Etchecopaz *et al.*, 2020; Etchecopaz, 2021), Paraguai (Prado *et al.* 2023) e Chile (Thomson *et al.*, 2023) e um registro no Reino Unido (Rachman *et al.*, 2022; Xavier *et al.* 2023).

Etiologia

O agente etiológico da esporotricose pertence à família Ophiostomataceae, ordem Ophiostomatales, subclasse Euascomycetes e divisão Ascomycota (Larsson, 2011). Trata-se de um fungo dimórfico térmico, apresentando duas formas distintas dependendo da temperatura: a forma micelial, ocorre em temperaturas ambientais entre 25°C e 30°C, exibindo hifas hialinas, septadas e delgadas, com conídios em forma de gota ao redor do conidióforo, conferindo um aspecto de “margarida” (Pires, 2017; Rossow *et al.*, 2020); já em temperaturas acima de 37°C (como no organismo do hospedeiro), adquire a forma de levedura, variando de oval a arredondada, com diâmetro entre 2 e 6 µm, frequentemente descrita como semelhante a um charuto (Oliveira *et al.*, 2010; Pires, 2017).

O fungo pertence ao gênero *Sporothrix*, composto por 53 espécies, classificadas em dois grupos: clínico e ambiental, sendo este último o mais numeroso (Silva; Machado; Junior, 2023).

O grupo clínico compreende espécies de relevância para a saúde pública, incluindo:

- *Sporothrix schenckii* sensu stricto – presente mundialmente (Téllez-Martínez, 2019);
- *Sporothrix brasiliensis* – predominante no Brasil e a mais patogênica do grupo, associada à transmissão zoonótica por gatos domésticos (Chuchene, 2014);



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



- *Sporothrix globosa* e *Sporothrix luriei* – mais frequentes na Ásia (Téllez-Martínez, 2019);
- *Sporothrix mexicana* – com casos relatados na Austrália, México e Portugal (Chakrabarti *et al.*, 2015; Téllez-Martínez *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, *S. brasiliensis* tem sido responsável por um expressivo aumento no número de casos graves de esporotricose em gatos e humanos, consolidando-se como um problema urbano de grande impacto na saúde pública (Lopes-Bezerra *et al.*, 2018). Seu alto potencial zoonótico ressalta a necessidade de estratégias eficazes de controle da esporotricose felina, especialmente devido ao papel dos gatos domésticos na disseminação da infecção.

Epidemiologia da esporotricose felina

Os felinos representam a maior fonte de preocupação entre os profissionais da Saúde Única, pois, quando acometidos pela esporotricose, apresentam alta carga fúngica nos exsudatos e lesões. Além disso, podem carrear o fungo nas unhas e na cavidade oral, evidenciando seu papel central na disseminação da doença (Larsson, 2011; Macêdo-Sales *et al.*, 2018). Os principais fatores de risco para a infecção incluem: não possuir raça definida, ser macho, não castrado, ter idade entre dois e quatro anos e possuir livre acesso à rua (Bison; Parentoni; Brasil, 2020a).

• Distribuição Mundial

A ocorrência da esporotricose sofre influência do clima, da umidade e da temperatura, sendo mais frequente em regiões de clima tropical e temperado (Lacerda Filho *et al.*, 1999; Schuback *et al.*, 2015).

Anteriormente, a única espécie do gênero *Sporothrix* considerada patogênica para animais domésticos e humanos era *Sporothrix schenckii*. Atualmente, reconhece-se um complexo de espécies (Cruz, 2013), sendo duas associadas a felinos: *S. brasiliensis* e *S. schenckii* (Meinerz *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 2018; Thomson *et al.*, 2023).

A espécie *S. schenckii* apresenta poucos relatos de casos em felinos no mundo, sendo a maioria deles concentrados no Brasil (Meinerz *et al.*, 2022; Silva *et al.*, 2022; Silva; Bentubo, 2021). Por outro lado, *S. brasiliensis* já foi relatada em outros dois países da América do Sul, além do Brasil (Xavier *et al.*, 2023).

No Chile, o primeiro caso de esporotricose felina causada por *S. brasiliensis* foi publicado em 2023, relatando três gatos infectados, sendo dois domésticos e um selvagem,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



na região de Magallanes (Thomson *et al.*, 2023). E na Argentina, houve um aumento significativo no número de casos na última década, especialmente na província de Misiones, região de fronteira com o Brasil, país em que a esporotricose felina causada por *S. brasiliensis* atinge milhares de casos em todas as regiões (Etchecopaz *et.al.*, 2020; Etchecopaz *et.al.*, 2021).

- Esporotricose felina no Brasil

No Brasil, a maioria dos casos de esporotricose está relacionada à infecção por *Sporothrix brasiliensis*, espécie predominante nas regiões Sul e Sudeste (Araújo; da Silva; Juliano, 2017). No final do século XX, a doença passou a ser considerada um problema de saúde pública, especialmente no Rio de Janeiro, devido à elevada incidência tanto em felinos quanto em humanos (Bison; Parentoni; Brasil, 2020a).

Além do Rio de Janeiro, um número crescente de casos tem sido registrado no Rio Grande do Sul, principalmente nas cidades de Pelotas e Rio Grande (Michelon *et al.*, 2019). Epidemias de esporotricose felina também foram documentadas em São Paulo e em outros estados, como Pernambuco e Alagoas, com relatos de transmissão zoonótica para humanos (Araujo; Leal, 2016; Melo, 2012; Michelon *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2018).

Na região Norte, entre 2020 e 2021, o estado do Amazonas notificou 213 casos suspeitos da doença, sendo confirmados 18 animais positivos em 2022, incluindo cães (Machado *et al.*, 2022). Em Rondônia, houve uma notificação entre 2012 e 2016 e um caso clínico confirmado em 2020 (Bison; Parentoni; Brasil, 2020b). Já no Acre e no Pará, registros de infecção foram reportados em 2017 (Gremião *et al.*, 2017).

Na região Centro-Oeste, embora os casos ainda sejam considerados escassos, há registros esporádicos: um em Cuiabá (Fernandes *et al.*, 2003), um em Aparecida de Goiânia (Ferreira *et al.*, 2024) e quatro casos no Distrito Federal (Barreto *et al.*, 2018).

No Nordeste, além de Pernambuco e Alagoas, há relatos de esporotricose no Ceará, Bahia, Rio Grande do Norte e Maranhão (Ângelo *et al.*, 2023; Damasceno *et al.*, 2023; Vilela, 2023; França *et al.*, 2022).

No Maranhão, observa-se um aumento progressivo no número de casos, especialmente na Região Metropolitana de São Luís (SEMUS, 2025). Até 2024, a esporotricose não era de notificação compulsória no estado, o que dificultava a condução de análises epidemiológicas e investigações de surtos. Contudo, em 10 de janeiro de 2025, a Secretaria Municipal de Saúde de São Luís publicou a Portaria n.º 009/2025/GAB/SEMUS, tornando obrigatória a notificação de todos os casos suspeitos de esporotricose, tanto em



humanos quanto em felinos no município (SEMUS, 2025).

- Transmissão e patogenia

A transmissão da esporotricose entre gatos ocorre principalmente por meio do contato direto entre animais infectados e saudáveis. As lesões ulceradas dos felinos doentes abrigam grande quantidade de células fúngicas na forma leveduriforme, o que facilita a disseminação do agente durante interações naturais da espécie, como lutas territoriais e comportamento de caça — especialmente entre machos durante o cio (Cruz, 2023).

A infecção por *Sporothrix* sp. ocorre predominantemente pela inoculação do fungo na pele (Pires, 2017). Embora a transmissão ambiental seja possível, a principal via de infecção é por meio de mordidas ou arranhaduras de animais contaminados (Silva et al., 2021). Raramente, os conídios do fungo podem ser inalados, ocasionando quadros pulmonares e, eventualmente, disseminação hematogênica (Téllez-Martínez et al., 2019). O período de incubação geralmente varia de 7 a 30 dias, mas pode se estender por até seis meses (Rio Grande do Sul, 2024).

Após a inoculação, o fungo penetra profundamente nos tecidos e, entre 24 e 48 horas, converte-se em sua forma leveduriforme (Pires, 2017). Essa forma é capaz de desencadear uma resposta inflamatória do tipo granulomatosa, com formação de granulomas contendo necrose central e células gigantes (Stanzyk et al., 2023).

A progressão da infecção depende de diversos fatores, como a imunidade do hospedeiro, a carga fúngica inoculada, a profundidade da lesão e a virulência da cepa envolvida. A doença pode se manter localizada ou evoluir para formas mais extensas, como a linfocutânea, tegumentar disseminada ou mesmo sistêmica (Larsson, 2011; Téllez-Martínez et al., 2019). Em alguns casos, pode ocorrer regressão espontânea da infecção, deixando apenas uma “cicatriz imunológica” (Dos Santos et al., 2018)

Manifestações clínicas

A esporotricose felina pode se manifestar de forma subclínica, com lesões cutâneas isoladas e regressão espontânea, até evoluir para formas sistêmicas com disseminação hematogênica (Pires, 2017). A doença é classificada em três formas clínicas: cutânea, linfocutânea e disseminada (Dos Santos *et al.*, 2018; Lloret *et al.*, 2013). A forma cutânea é a mais comum, caracterizando-se por lesões únicas ou múltiplas, com nódulos alopecicos e ulcerações que acometem principalmente a cabeça, os membros, a base da cauda, o escroto



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



e as mucosas (Garcia, 2021; Gremião *et al.*, 2020b). Na forma linfocutânea, nódulos dérmicos ou subcutâneos surgem entre 7 e 30 dias após a inoculação do fungo, podendo evoluir para inflamação dos linfonodos e acometimento dos vasos linfáticos, resultando em linfangite e linfadenite (Dos Santos *et al.*, 2018; Pires, 2017; Silva; Machado; Júnior, 2023). Já a forma disseminada apresenta sinais inespecíficos, como febre, mal-estar e anorexia (Lloret *et al.*, 2013; Pires, 2017). Geralmente, está associada a comorbidades, como FIV, além de alterações hematológicas, incluindo anemia, leucocitose, neutrofilia, hiperglobulinemia e hipoalbuminemia, que resultam em um estado inflamatório crônico (Lloret *et al.*, 2013). Órgãos como articulações, linfonodos, pulmões e rins também podem ser acometidos (Garcia, 2021).

Diagnóstico

O diagnóstico da esporotricose felina deve ser baseado em exames laboratoriais, uma vez que os sinais clínicos são inespecíficos (Gremião *et al.*, 2020b). Os principais exames incluem citopatologia, histopatologia e cultura fúngica, sendo esta última o teste padrão-ouro (Pires, 2017). Exames complementares, como hemograma e perfil bioquímico, podem revelar anemia, leucocitose por neutrofilia, gamopatias e hipoalbuminemia (Larsson, 2011).

A citopatologia é uma técnica de baixo custo, mas exige treinamento técnico e experiência na identificação do agente etiológico (Pereira *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2018). As células leveduriformes de *Sporothrix* sp. apresentam formas ovais, arredondadas ou em charuto, medindo entre 3 e 9 µm, podendo ser encontradas no interior de macrófagos, neutrófilos e células gigantes multinucleadas, ou livres, circundadas por um halo transparente (Pereira *et al.*, 2011). As colorações mais utilizadas são Panótico Rápido, Gram e Giemsa (Silva *et al.*, 2018), e resultados negativos não descartam a infecção (Gremião *et al.*, 2020b).

Embora inespecífico, o exame histopatológico pode auxiliar no diagnóstico preliminar da esporotricose felina (Pereira; Gremião; Menezes, 2015). A amostragem é feita por biópsia das bordas das lesões utilizando punch de 3 a 4 mm, após assepsia local e anestesia com cloridrato de lidocaína a 2% (Gremião, 2020b). O tecido é fixado em formalina tamponada a 10%, incluído em parafina e seccionado em lâminas de 5 µm para coloração por hematoxilina e eosina. Como *Sporothrix* sp. não é facilmente visualizado nessa coloração, técnicas adicionais, como Grocott Methenamine Silver (GMS) e ácido periódico de Schiff (PAS), são recomendadas (Schubach *et al.*, 2012; Dunstan *et al.*, 1986; Gremião *et al.*, 2020b).



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



A cultura fúngica é considerada o teste padrão-ouro, permitindo a confirmação definitiva do diagnóstico (Pires, 2017; Macêdo-Sales *et al.*, 2018). O isolamento do fungo é realizado em ágar Sabouraud com cloranfenicol e em meios contendo cicloheximida, como ágar micobiotic. Após 5 a 7 dias de incubação a 25°C, observam-se colônias filamentosas hialinas, que posteriormente escurecem no centro (Barros; de Almeida Paes; Schubach 2011). Para confirmar a identificação como *S. schenckii*, realiza-se subcultivo em meios enriquecidos (ágar infusão cérebro-coração, ágar chocolate e ágar sangue) a 35-37°C por 5 a 7 dias, permitindo a visualização da fase leveduriforme, com colônias cremosas de coloração entre amarelo e castanho (Barros; de Almeida Paes; Schubach, 2011).

Os sinais clínicos da esporotricose são inespecíficos, por isso, deve ser efetuado o diagnóstico diferencial para doenças como leishmaniose tegumentar, pioderma, micobacteriose, nocardiose, actinomicose, criptococose, complexo granuloma eosinofílico, neoplasia, lúpus, pênfigo vulgar, parasitas e lesões induzidas por fármacos (Barros; de Almeida Paes; Schubach, 2011; Pires, 2017, Garcia *et al.* 2021).

Tratamento

O itraconazol é a medicação de escolha para o tratamento da esporotricose felina, pois apresenta menos efeitos colaterais, como vômito e anorexia, em comparação com outros antifúngicos. A dose recomendada é de 100 mg/gato, uma vez ao dia (Garcia *et al.*, 2021). O tratamento pode ser realizado com monoterapia à base de itraconazol ou em associação com outros antifúngicos, como cetoconazol, posaconazol, fluconazol, iodetos de sódio e potássio, terbinafina e anfotericina B. Além disso, a termoterapia local e a criocirurgia podem ser utilizadas como terapias adjuvantes (Podestá Junior, 2022; Pereira *et al.*, 2014; Gremião, 2020b). No entanto, o iodeto de potássio deve ser administrado com cautela devido ao risco de iodismo (intoxicação por iodo), e a anfotericina B requer monitoramento rigoroso, pois sua administração intravenosa pode causar nefrotoxicidade (Garcia *et al.*, 2021).

O estado geral do animal, a presença de sinais respiratórios, bem como a extensão e localização das lesões, são fatores que influenciam o prognóstico do paciente (Gremião *et al.*, 2015). O tratamento pode se estender por meses ou até anos, sendo fundamental sua continuidade por pelo menos um mês após a cicatrização das lesões para garantir a completa erradicação do fungo do organismo (Garcia *et al.*, 2021).

Prevenção e controle

A prevenção da esporotricose felina envolve uma abordagem multifatorial, baseada



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



na conscientização da população, no manejo adequado dos animais e na implementação de medidas sanitárias eficazes (Santos *et al.*, 2018). A educação dos tutores é fundamental para promover a guarda responsável, incentivando a castração, a restrição do acesso dos gatos às ruas e o tratamento adequado dos animais doentes. Essas ações contribuem para reduzir a transmissão da doença e minimizar o impacto na saúde pública (Oliveira *et.al.*, 2024).

A castração tem sido associada a uma menor incidência da esporotricose, pois reduz comportamentos de risco, como brigas por território e deslocamentos em busca de acasalamento, que favorecem a exposição ao *Sporothrix* sp. (Santos *et al.*, 2018; Michelin *et.al.* 2019). No entanto, embora seja uma medida importante no controle populacional e na redução da agressividade, sua eficácia isolada como estratégia de prevenção da esporotricose ainda requer mais estudos.

O controle ambiental também desempenha um papel essencial na prevenção, uma vez que o fungo pode permanecer viável no solo e em materiais orgânicos contaminados. A limpeza e desinfecção de ambientes frequentados por gatos infectados devem ser realizadas com desinfetantes eficazes, como hipoclorito de sódio a 1% e álcool 70%, garantindo um tempo de contato de pelo menos 10 minutos para inativação do patógeno (Cerqueira *et al.*, 2024).

Outro aspecto relevante é a destinação adequada dos cadáveres de animais que vieram a óbito em decorrência da esporotricose, a fim de evitar a contaminação ambiental. A cremação é a alternativa mais segura, pois elimina completamente o agente etiológico. A autoclavação também pode ser utilizada, embora apresente limitações operacionais, como capacidade restrita dos equipamentos e a produção de odores fortes. O transporte dos cadáveres deve ser realizado em sacos plásticos apropriados para resíduos infectantes, seguindo protocolos de biossegurança que incluem o uso de equipamentos de proteção individual, como aventais descartáveis de manga longa, luvas, máscaras e óculos de proteção (Assis *et al.*, 2022).

Embora ainda não existam vacinas disponíveis comercialmente, pesquisas estão em andamento para o desenvolvimento de imunoterapias e vacinas preventivas baseadas na identificação de antígenos imunogênicos e no uso de adjuvantes que estimulem respostas imunes eficazes (Téllez-Martínez *et al.*, 2019).

Por fim, a decisão pela eutanásia de casos sem possibilidade terapêutica deve ser baseada em critérios clínicos bem estabelecidos, considerando o bem-estar do animal e a viabilidade do tratamento (Vidal *et al.*, 2024). Essa conduta deve seguir diretrizes éticas e normativas, evitando a disseminação do fungo sem comprometer o manejo humanitário dos



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



animais afetados (Stevanato; Bernardes, 2023). Além das medidas individuais, políticas públicas voltadas ao controle da esporotricose são essenciais, incluindo campanhas de conscientização, programas de castração acessíveis e regulamentação para a destinação segura de cadáveres. A atuação conjunta entre médicos-veterinários, gestores públicos e a comunidade é indispensável para mitigar o avanço da doença e reduzir seus impactos na saúde única.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A esporotricose felina é uma zoonose de distribuição mundial, com casos registrados em todas as regiões do Brasil, representando um grande desafio para a saúde pública. O diagnóstico precoce é fundamental, pois a doença apresenta sinais clínicos inespecíficos e exige um tratamento prolongado até a completa erradicação do fungo. Diante do impacto da esporotricose tanto em felinos, quanto em humanos, torna-se fundamental o investimento em pesquisas, a conscientização da população e a atuação integrada de profissionais da saúde humana e veterinária. Medidas de controle eficazes, como o manejo responsável de populações felinas, políticas públicas de vigilância epidemiológica e acesso facilitado ao tratamento, são indispensáveis para conter a disseminação da doença e reduzir os riscos de transmissão zoonótica, garantindo assim a saúde única.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (código de financiamento 001). À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) pela concessão da bolsa de mestrado à discente Thaís Camila Pereira Veloso.

REFERÊNCIAS

ANGELO, D.F. DOS S. *et al.* *Sporothrix brasiliensis* infecting cats in northeastern Brazil: New emerging areas in Paraíba state. **Ciência Rural**, v. 53, p. e20220351, 20, 2023.

ARAUJO, A.K.L.; LEAL, C.A.D.S. Esporotricose felina no município de Bezerros, Agreste Pernambucano: Relato de caso. **Pubvet**, v. 10, n. 11, 2016.

ARAÚJO, L.T.R.; SILVA, W.A.; JULIANO, R.S. **Região fronteira e epidemiologia: estudo da esporotricose e sua relação na dinâmica da fronteira Brasil-Bolívia**. *Revista GeoPantanal*, n. especial, p. 97-105, 2017

ASSIS, G.S. *et al.* Esporotricose felina e saúde pública. **Veterinária e Zootecnia**, v. 29, p. 1–10, 21, 2022.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



BARRETO, N.B.M. **Esporotricose no Distrito Federal: descrição de casos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

BARROS, M.B.D.L.; DE ALMEIDA PAES, R.; SCHUBACH, A.O. *Sporothrix schenckii* and Sporotrichosis. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 24, n. 4, p. 633–654, 2011.

BISON, I.; PARENTONI, R. N.; BRASIL, A. W. L. Metanálise de esporotricose felina: um destaque para sua ocorrência no Brasil. **Ars Veterinaria**, v. 36, n. 4, p. 301–315, 2020a.

BISON, I.; PARENTONI, R. N.; BRASIL, A. Metanálise de esporotricose felina: um destaque para sua ocorrência no Brasil. **Ars Veterinaria**, v.36, n.4, p.301-315, 2020b.

CERQUEIRA, L.B.G. *et al.* **Esporotricose em felinos no Brasil: breve revisão de literatura.** *Revista Sociedade Científica*, v. 7, n. 1, 2024.

CHAKRABARTI, A. *et al.* Global epidemiology of sporotrichosis. **Medical Mycology**, v. 53, n. 1, p. 3–14, 2015.

CHUCHENE, S.H. Esporotricose cutâneo disseminada em gato doméstico na cidade de Curitiba-PR – Relato de caso. **Medvep Dermato - Revista de Educação Continuada em Dermatologia e Alergologia Veterinária**, v. 3, n. 11, p. 356-364, 2014.

CRUZ, L.C.H. Complexo *sporothrix schenckii*. revisão de parte da literatura e considerações sobre o diagnóstico e a epidemiologia. **Veterinária e Zootecnia**, v. 20, p. 08–28, 2013.

DAMASCENO, L.S. *et al.* Esporotricose: uma micose em expansão no Ceará. **The Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 27, p. 103285, 2023.

DE CASTRO PIRES, A.P. *et al.* Outbreak of Feline Sporotrichosis with zoonotic potential in the seventh health district of Maceió-AL, **Journal of Fungi**; v. 10, n. 473, 2024.

DOS SANTOS, A.N *et al.* Esporotricose felina no Município de Cruz das Almas – BA, **Medvep Dermato - Revista de Educação Continuada em Dermatologia e Alergologia Veterinária**, v.5, n.14, p. 10-14, 2018.

DUNSTA, R.W. *et al.* Feline sporotrichosis: a report of five cases with transmission to humans. **Journal of the American Academy of Dermatology** 15:37–45, 1986.

DUVAL, A.E.A. **Educação em saúde da Esporotricose como estratégia para a melhoria do conhecimento no ensino público de Duque de Caxias, RJ**, Dissertação (Mestrado em Pesquisas Clínicas e Doenças Infectocontagiosas), Instituto Educacional de Infectologia Evandro Chagas, Rio de Janeiro, p.120, 2019

ETCHECOPAZ, A. *et al.* *Sporothrix brasiliensis*: ¿una amenaza creciente en la región norte de la provincia de Buenos Aires? **Revista Argentina de Microbiología**, v. 52, n. 4, p. 350-351, 2020.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



ETCHECOPAZ, A. *et al.* *Sporothrix brasiliensis*: a review of an emerging South American fungal pathogen, its related disease, presentation and spread in Argentina. **Journal of Fungi**, v. 7, n. 3, p. 170, 2021.

FERNANDES, C.G.N. *et al.* Esporotricose felina: aspectos clínico-epidemiológicos: relato de casos (Cuiabá, Mato Grosso, Brasil). **Medvep**, v.2, n.5, p. 39-43, 2004.

FERREIRA, M.A. *et al.* A. First occurrence of feline sporotrichosis in a metropolitan area of Central-West Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, São Paulo, v. 66, n. 19, 2024.

FRANÇA, H.E.P. *et al.* Situação epidemiológica da esporotricose humana no Nordeste brasileiro. **Revista Eletrônica Estácio Recife**, v. 8, n. 1, 2022.

FIGUEIRA, K.D., NUNES, G.D.L. Esporotricose felina: primo relato na cidade de Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. **MEDVEP. Revista Científica de Medicina Veterinária**, n.27, v8, 715-718, 2010.

GARCIA, M.N.D. *et al.* Tratamento de esporotricose felina com auxílio de homeopatia e pomada com nanopartículas: relato de caso. **Revista da Medicina Veterinária do UNIFESO**, v. 1, n. 2, 2021.

GONÇALVES, J.C. *et al.* Esporotricose, o gato e a comunidade. **Enciclopédia Biosfera**, v. 16, n. 29, p. 769–787, 2019.

GREMIÃO, I.D.F. *et al.* Feline sporotrichosis: epidemiological and clinical aspects. **Medical Mycology**, v. 53, n. 1, p. 15–21, 2015.

GREMIÃO, I.D.F. *et al.* Zoonotic Epidemic of Sporotrichosis: cat to human transmission. **PLoS Pathogens**, v.13, n.1, p.2–8, 2017.

GREMIÃO, I.D.F. *et al.* Geographic expansion of sporotrichosis, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, v. 26, n. 3, p. 621, 2020a.

GREMIÃO, I.D.F. *et al.* Guideline for the management of feline sporotrichosis caused by *Sporothrix brasiliensis* and literature revision. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 52, n. 1, p. 107–124, 2020b.

HEKTOEN, L.; PERKINS, C.F. Refractory subcutaneous abscesses caused by *sporothrix schenckii*. A new pathogenic fungus. **Journal of Experimental Medicine**, v. 5, n. 1, p. 77–89, 1900.

LACERDA FILHO, A.M.; BANDEIRA, V.; SIDRIM, J.J.C. Micoses subcutâneas. In: Sidrim, J. J. C.; Moreira, J. L. B. Fundamentos clínicos e laboratoriais da micologia médica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. Cap. 13, p. 132-151.

LARSSON, C.E. Esporotricose. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 48, n. 3, p. 250–259, 2011.

LLORET, A. *et al.* Sporotrichosis in cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v. 15, n. 7, p. 619–623, 2013.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



LOPES-BEZERRA, L.M. *et al.* Sporotrichosis between 1898 and 2017: The evolution of knowledge on a changeable disease and on emerging etiological agents. **Medical Mycology**, v. 56, n. suppl_1, p. S126–S143, 2018.

MACÊDO-SALES, P.A. *et al.* Domestic feline contribution in the transmission of *Sporothrix* in Rio de Janeiro State, Brazil: a comparison between infected and non-infected populations. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 1, p. 19, 2018.

MACHADO, C.A.F.; MACEDO, A C. D.O. **Ocorrência de *Sporothrix* spp. em felinos domésticos em Belém-Pará.** Belém. Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2022.

MARIMON, R. *et al.* Molecular Phylogeny of *Sporothrix schenckii*. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 44, n. 9, p. 3251–3256, 2006.

MARQUES, C.J.R. *et al.* *Sporothrix schenckii* em felino no estado do Maranhão – relato de caso. **Acta Veterinaria Brasilica**, São Paulo, v. 7, n. 1, 2013.

MEINERZ, A.R.M. *et al.* Esporotricose felina: relato de casos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 3, p. 575–577, 2007.

MEINERZ, A.R.M. *et al.* Felino doméstico como transmissor da esporotricose em trabalhador rural- relato de caso. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 74, p. 149–151, 2022.

MELO, E.H.M. de. **Esporotricose em felino doméstico com envolvimento zoonótico em Alagoas: relato de caso.** TCC - Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <<http://127.0.0.1:8069/repositorio/publicacoes/4545>>. Acesso em: 24 mar. 2025.

MICHELON, L. *et al*; PIÑEIRO, M. B. C.; MADRID, I. M.; OSÓRIO, L. G.; BRUHN, F. R. P. Dados epidemiológicos da esporotricose felina na região sul do Rio Grande do Sul: uma abordagem em saúde pública. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 2, n. 6, p. 4874–4890, 2019.

OLIVEIRA, M.M.E. de. *et al.* **Sporotrichosis caused by *Sporothrix globosa* in Rio de Janeiro, Brazil: case report.** *Mycopathologia*, v. 169, n. 5, p. 359-363, 2010.

OLIVEIRA, A.L.S. *et al.* Esporotricose felina: uma abordagem educativa com tutores de animais e profissionais atuantes. **REVISTA PRÁTICAS EM EXTENSÃO**, v. 8, n. 4, p. 382–388, 2024.

PARANÁ, Secretária de Saúde. **Esporotricose.** Paraná: Secretaria de Saúde, 2023. Disponível em: < <https://www.saude.pr.gov.br/Pagina/Esporotricose> > Acesso em 23 de Agosto de 2023.

PEREIRA, S.A. *et al.* Sensitivity of cytopathological examination in the diagnosis of feline sporotrichosis, **Journal of Feline Medical Surgery** v. 13, p. 220–223, 2011.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



PEREIRA, S.A. *et al.* The epidemiological scenario of feline sporotrichosis in Rio de Janeiro, State of Rio de Janeiro, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 47, n. 3, p. 392-393, 2014.

PEREIRA SA, GREMIÃO IDF, MENEZES RC, Sporotrichosis in Animals: Zoonotic Transmission. In: Carlos IZ (ed) Sporotrichosis. New Developments and Future Prospects, **Springer**, p 83–102, 2015.

PIRES, C. Revisão de literatura: esporotricose felina. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 15, n. 1, p. 16–23, 2017.

PODESTÁ JUNIOR, R.L. *et al.* Esporotricose felina: Conduta clínica, diagnóstico e tratamento preconizado no município de Vitória–ES. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 10, p. e589111031028, 2022.

PRADO, C.M. do. *et al.* First Cases of Feline Sporotrichosis Caused by *Sporothrix brasiliensis* in Paraguay. **Journal of Fungi**, v. 9, n. 10, p. 972, 2023.

RACHMAN, R. *et al.* Zoonotic acquisition of cutaneous *Sporothrix brasiliensis* infection in the UK. **BMJ Case Reports**, v. 15, e248418, 2022.

RODRIGUES, A.M.; TEIXEIRA, M. M.; DE HOOG, G. S.; SCHUBACH, T. M. P.; PEREIRA, S. A.; FERNANDES, G. F.; LOPES-BEZERRA, L. M.; FELIPE, M. S.; CAMARGO, Z. P. Phylogenetic analysis reveals a high prevalence of *Sporothrix brasiliensis* in feline sporotrichosis outbreaks. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 7, n. 6, p. 2281, 2013.

RODRIGUES, A.M. *et al.* Emerging sporotrichosis is driven by clonal and recombinant *Sporothrix* species. **Emerging Microbes & Infections**, v. 3, n. 5, p. e32, 2014.

RODRIGUES, A.M. *et al.* The threat of emerging and re-emerging pathogenic *Sporothrix* species. **Mycopathologia**, v. 185, n. 5, p. 813–842, 2020.

RODRIGUES, A.M. *et al.* Current Progress on Epidemiology, Diagnosis, and Treatment of Sporotrichosis and Their Future Trends. **Journal of Fungi**, v. 8, n. 8, p. 776, 2022.

ROSSOW, J.A. *et al.* A One Health Approach to combatting *Sporothrix brasiliensis*: narrative review of an emerging zoonotic fungal pathogen in South America. **Journal of Fungi**, v. 6, n. 4, p. 247, 2020.

SEMUS-. Secretaria Municipal de Saúde. Nota Técnica n.º 001/2024/SVES/GAB/SEMUS. São Luís: SEMUS, 2025.

SANTOS, A. F. *et al.* Guia prático para enfrentamento da esporotricose felina em Minas Gerais. **Revista V&Z em Minas**, n. 137, 2018.

SCHUBACH, T.M. *et al.* Evaluation of an epidemic of sporotrichosis in cats: 347 cases (1998–2001). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, n. 224, p.1623–1629, 2012.



SILVA, G.M. *et al.* Surto de esporotricose felina na região metropolitana do Recife: article in portuguese. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 38, 1767–1771, 2018.

SILVA, J.E. *et al.* Análise da evolução de esporotricose empregando modelo de regressão em casos de felinos de Timbaúba/PE – Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e51310112082, 2021.

SILVA, B.T.M. da; BENTUBO, H.D.L. Esporotricose localizada em felino jovem: relato de caso. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 17, p. e186101724648–e186101724648, 2021.

SILVA, B.W.L. *et al.* First report of fungal *Sporothrix schenckii* complex isolation from feline with possible zoonotic transmission in the city of Belém, Pará, Brazil: Case report. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 2022.

SILVA, T. da G.; MACHADO, T.C.; JUNIOR, A.F.M. Impacto do potencial zoonótico da esporotricose felina na medicina veterinária e na sociedade: Revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 7, 2023.

RIO GRANDE DO SUL, Centro Estadual de Vigilância em Saúde, **Nota Técnica nº 3/2024**, Rio Grande do Sul, Divisão de Vigilância Epidemiológica, 2024.

STEVANATO, L.; BERNARDES, M.F.F. Fatores decisivos para a eutanásia em animais. **Núcleo Interdisciplinar de Pesquisa**, 2023.

TÉLLEZ-MARTÍNEZ, D. *et al.* Prophylactic and therapeutic vaccines against sporotrichosis. Feasibility and prospects. **Microbes and Infection**, v. 21, n. 10, p. 432–440, 2019.

THOMSON, P. *et al.* Sporotrichosis outbreak due to *Sporothrix brasiliensis* in domestic cats in Magallanes, Chile: a One-Health-approach study. **Journal of Fungi**, v. 9, p. 226, 2023.

VIDAL, M.L.B. *et al.* Esporotricose em gatos: uma análise dos impactos na comunidade de Manhuaçu-MG. **Pensar Acadêmico, Manhuaçu**, v. 22, n. 4, p. 404-409, Edição Especial: Dossiê One Health III, 2024.

VILELA, F.C. **Esporotricose felina – um estudo epidemiológico em Natal, RN, Brasil**. 2023. Dissertação (Mestrado em Biologia Parasitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Biociências, Natal, 2023.

XAVIER, M.O. *et al.* *Sporothrix brasiliensis*: Epidemiology, Therapy, and Recent Developments. **Journal of Fungi**, v. 9, n. 9, p. 921, 2023.



Complexo respiratório suíno – interações entre agentes primários e suas implicações: Revisão de Literatura

Ana Isabela Lima Ribeiro¹; Nayara Silva Oliveira¹; Larissa Sarmiento dos Santos Ribeiro²

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A produção de suínos se destaca a cada ano com crescimento expressivo em nível mundial. No entanto, desafios sanitários, como doenças infecciosas, comprometem a produtividade do setor. O Complexo Respiratório dos Suínos é um exemplo significativo, sendo responsável por significativas perdas econômicas. Trata-se de uma doença de etiologia multifatorial, na qual diversos patógenos desempenham papéis distintos no agravamento das infecções. Os agentes primários mais relevantes incluem *Mycoplasma hyopneumoniae*, vírus reprodutivo e respiratório dos suínos (PRRSV), circovírus suíno (PCV) e vírus da pseudorraiva (PRV). Diferentes combinações de coinfeção entre esses patógenos potencializam os danos teciduais. Observa-se que *M. hyopneumoniae* e PCV2 intensificam expressão viral nas lesões pulmonares, enquanto a coinfeção entre *M. hyopneumoniae*-PRRSV também apresenta maior severidade das lesões virais nos tecidos. Já a associação PCV2-PRRSV aumenta a expressão de antígenos de PCV2 no tecido, exacerbando as lesões por circovirose. Além disso, a presença de PRV favorece a proliferação bacteriana nas fases iniciais da infecção por *M. hyopneumoniae* e intensifica a replicação do PRRSV nos tecidos. Por fim, a combinação PRV-PCV2 agrava os sinais clínicos da doença de Aujeszky. Compreender essas interações é essencial para definir estratégias eficazes de manejo sanitário, especialmente no que se refere à imunização dos rebanhos e ao controle de infecções.

Palavras-chave: *Mycoplasma hyopneumoniae*, pseudorraiva, circovírus suíno.

INTRODUÇÃO

A suinocultura tem se consolidado como um dos setores mais dinâmicos da agropecuária, impulsionados por avanços tecnológicos e melhorias na produtividade (Kim *et al.*, 2024). No entanto, a criação de suínos em sistemas de confinamento favorece a disseminação de doenças infecciosas, especialmente as que afetam o trato respiratório. Entre essas enfermidades, destaca-se o complexo de doenças respiratórias dos suínos (CDRS; Porcine Respiratory Disease Complex – PRDC), um conjunto de patologias multifatoriais que envolvem a interação entre agentes virais e bacterianos, dificultando o diagnóstico e o controle sanitário (Opriessnig; Giménez-Lirola; Halbur, 2011).

A bactéria *Mycoplasma hyopneumoniae* é um dos principais patógenos primários associados ao CDRS. Entretanto, outros agentes também são classificados como primários,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



sendo possível observar variados padrões de coinfeção (Saade *et al.*, 2020). Sabe-se que, com o aumento do número de patógenos, a complexidade da infecção aumenta devido às interações sinérgicas entre eles, o que influencia diretamente no prognóstico do animal (Thacker, 2001).

Entre estes patógenos, ressalta-se a importância dos vírus, os quais contribuem significativamente para o agravamento das lesões teciduais e sinais clínicos respiratórios, tanto em infecções únicas quanto em quadros mistos (Opriessnig; Halbur, 2012). Integrando este grupo, há o vírus da Síndrome Reprodutiva e Respiratória dos Suínos - PRRSV (Chae, 2016; Maes *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2022), patógeno presente tanto nas fases de creche quanto de terminação a nível mundial (Ruggeri *et al.*, 2020), porém não identificado Brasil, sendo de notificação compulsória de quaisquer casos suspeitos (MAPA, 2013).

Outro agente viral de importância é o Circovírus Suíno (PCV), nas duas variantes PCV2 e PCV3, as quais são reconhecidamente patogênicas. As infecções por esse vírus desempenham papel clínico significativo nas perdas econômicas dentro do setor, apresentando alta taxa de morbidade, além do seu efeito sinérgico na presença de coinfeções com outros patógenos (Burrai *et al.*, 2023; Chae, 2016).

O vírus da Pseudorraiva dos Suínos (PRV), agente etiológico da doença de Aujeszky, também está incluso como agente primário do PRDC (Opriessnig; Giménez-Lirola; Halbur, 2011). Essa patologia acomete diferentes espécies de mamíferos, entretanto o PRV possui os suínos como principais hospedeiros, associada a sinais respiratórios em animais adultos (Romero *et al.*, 2001; Zheng *et al.*, 2022). No Brasil, há registros da doença, sendo esta categorizada para notificação obrigatória de quaisquer casos suspeitos (MAPA, 2013).

Considerando a importância sanitária e econômica para o setor da suinocultura e tendo em vista a diversidade de agentes que podem atuar de maneira única e/ou sinérgica dentro do complexo das doenças respiratórias, esta revisão descreve os agentes etiológicos primários envolvidos no Complexo Respiratório dos Suínos e suas possíveis interações.

Mycoplasma hyopneumoniae

M. hyopneumoniae é considerado o agente etiológico principal da pneumonia enzoótica suína (PES), sendo responsável por significativas perdas econômicas (Fano *et al.*, 2007; Malcher *et al.*, 2024). Essa bactéria pertence à família Mycoplasmataceae, possui tamanho pequeno - entre 0,3 a 0,9 µm de diâmetro, é capaz de auto-replicação independente e apresenta crescimento fastidioso em meios de cultura (Betlach *et al.*, 2019; Razin; Yogev; Naot, 1998).



A PES apresenta baixa mortalidade, entretanto se destaca pela alta morbidade nos rebanhos suínos. Entre os sinais clínicos, o animal acometido apresenta redução do ganho de peso, aumento do tempo para abate, tosse seca de intensidade variada, estimando-se uma redução de 6-16% da taxa de crescimento dos animais (Rautiainen *et al.*, 2000). A transmissão ocorre principalmente através do contato direto com secreções respiratórias dos animais doentes (Maes *et al.*, 2018). Entretanto, o contato via aerossóis ou fômites também pode contribuir para a transmissão da bactéria de maneira indireta (Nathues *et al.*, 2012; Stärk; Nicolet; Frey, 1998).

O trato respiratório dos suínos é o local de tropismo deste agente, atraindo-se pela mucosa do lúmen, com associação ao tecido ciliar do epitélio respiratório. Em seu mecanismo de ação, há atuação de modo que ocasiona a perda de função dos cílios das células do epitélio, que contribui para diminuição das barreiras físicas de proteção do hospedeiro, que culmina em maior predisposição para que ocorra infecção por agentes secundários (Maes *et al.*, 2021; Thacker, 2001).

Com a inalação da bactéria, *M. hyopneumoniae* inicia um processo de adesão ao epitélio respiratório da traqueia, brônquios e bronquíolos, promovendo como consequência a ciliostase, perda dos cílios e progressão para morte celular, através de processos imunomediados (Debey; Ross, 1994; Maes *et al.*, 2021).

Essa bactéria é cosmopolita, estando amplamente presente em diferentes regiões, tanto no Brasil, quanto em nível mundial, acometendo parcialmente e até mesmo a totalidade de rebanhos analisados (Rodrigues *et al.*, 2023; Tamiozzo *et al.*, 2011; Vicente *et al.*, 2013). Ao avaliar o aspecto da idade dos animais acometidos, observa-se a detecção deste agente em altos índices em animais na fase de terminação (Ruggeri *et al.*, 2020). Quando levados ao abate, constata-se essa bactéria associada a quadros de pleurisia e pleuropneumonia, com presença em grandes proporções em lesões no tecido pulmonar e serosa (Ruggeri *et al.*, 2020).

PRRSV - Vírus da Síndrome Reprodutiva e Respiratória dos Suínos

O vírus da Síndrome Reprodutiva e Respiratória dos Suínos (PRRSV) é um dos agentes primários do CDRS, assim como *M. hyopneumoniae*. Este é um vírus de tamanho pequeno, ~15kb de comprimento, envelopado, de fita simples de RNA, pertencente à ordem Nidoviridales, família Arteriviridae (Benfield *et al.*, 1992; Dokland, 2010).

Esse vírus está presente em diferentes partes do mundo, entretanto até o momento não há evidências científicas de sua presença no Brasil (MAPA, 2013). Em rebanhos nos



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Estados Unidos e na China, locais que apresentam os maiores quantitativos de suínos a nível mundial, o vírus está difundido entre os animais, sendo um fator importante na produção devido aos seus impactos econômicos (Fang *et al.*, 2022; Neumann *et al.*, 2005; Sun *et al.*, 2022).

Em seu mecanismo de ação, os vírions adentram ao organismo do hospedeiro, utilizando macrófagos alveolares e macrófagos do tecido intravascular pulmonar como locais de replicação (Thacker, 2001). Essa replicação viral resulta na redução da população de macrófagos, além de comprometer a funcionalidade das células remanescentes. Dessa forma, seu mecanismo de ação contribui para diminuição das barreiras imunológicas do hospedeiro, aumentando a suscetibilidade para o acometimento por outras infecções (An *et al.*, 2020; Lunney *et al.*, 2016).

Esse agente pode ser detectado tanto em animais na fase de creche quanto na de terminação, principalmente causando lesões no tecido pulmonar e na serosa, com quadros de pleurisia e broncopneumonia intersticial (Ruggeri *et al.*, 2020).

Circovírus Suíno

O Circovírus Suíno (PCV) é um vírus pequeno, não-envelopado, icosaédrico, de diâmetro aproximado de 17 nm, de fita simples de DNA circular, descrito pela primeira vez em 1974 (Tischer *et al.*, 1974 apud Opriessnig *et al.*, 2020; Tischer *et al.*, 1982 apud Opriessnig *et al.*, 2020). Atualmente, quatro tipos de PCV são reconhecidos, sendo respectivamente PCV1, PCV2, PCV3 e PCV4 (Opriessnig *et al.*, 2020).

O circovírus suíno do tipo 1 é classificado como não-patogênico, não sendo associado a doenças tanto em observação natural quanto em testes experimentais (Tischer *et al.*, 1986). Entretanto, após a descrição do PCV2, este agente foi apresentado como agente etiológico da síndrome multissistêmica do definhamento suíno (SMDS), sendo descrito como uma variante do primeiro vírus identificado (Nayar; Hamel; Lin, 1997). PCV3 e PCV4 são as últimas variantes descritas, sendo o tipo 4 ainda sem descrição exata do seu papel em processos patogênicos nos suínos (Phan *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2020).

Dessa forma, PCV2 e PCV3 são as duas variantes com dados mais importantes atualmente para produção suína, uma vez que ambos já foram detectados tanto em rebanhos sadios quanto doentes, associados a problemas respiratórios e reprodutivos (Arruda *et al.*, 2019; Palinski *et al.*, 2017; Opriessnig, 2011; Tochetto *et al.*, 2018).

PCV2 é uma variante cosmopolita do vírus, estando presente em diferentes regiões do mundo. A infecção viral pode se apresentar de maneira subclínica, sem presença de sinais



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



clínicos ou com acometimento do rebanho (Puvanendiran *et al.*, 2011). Esta variante é o agente etiológico da SMDS e está envolvida em doenças respiratórias, entéricas, reprodutivas, dermatológicas e síndromes renais (Opriessnig; Langohr, 2013). De maneira semelhante, a variante PCV3 também está presente em diferentes manifestações clínicas, sendo, também, um agente identificado na manifestação da PRDC (Bera *et al.*, 2020; Kedkovid *et al.*, 2018).

Em seu processo patogênico, o vírus possui como alvo o tecido linfóide do animal, com essa predileção acarretando em uma imunossupressão dos indivíduos acometidos. Além disso, PCV2 é capaz de modular células importantes do sistema imunológico, como macrófagos e células dendríticas, além de estimular a liberação de interleucina 10 (IL-10), IL-1 e fator de necrose tumoral alfa (TNF- α) e outras citocinas pró-inflamatórias que irão influenciar diretamente na patogenia da lesão tecidual causada por esse agente (Meng, 2013).

As coinfeções com PCV2 representam grande importância no desenvolvimento da CDRS, uma vez que ao infectar células do sistema imunológico, esse vírus causa uma imunossupressão nos animais, deixando-os mais suscetíveis a infecções por outros patógenos (Meng; 2013; Opriessnig; Halbur, 2012).

Pseudorraiva dos Suínos - Doença de Aujeszky

O vírus da Pseudorraiva dos Suínos (PRV) é um agente envelopado, com dupla fita de DNA de aproximadamente 145 kb, da família Herpesviridae, subfamília Alphaherpesvirinae, gênero *Varicellovirus* (Zheng *et al.*, 2022). Esse é o agente etiológico da doença de Aujeszky, patologia que acomete principalmente o sistema nervoso central (SNC), porém também está associada a sinais respiratórios em suínos adultos e a problemas reprodutivos como abortos. A transmissão ocorre principalmente por contato direto com secreções orais e nasais, porém também há descrição de transmissão transplacentária, por aerossóis e sangue (Romero *et al.*, 2001; Zheng *et al.*, 2022).

Após adentrar no organismo do hospedeiro, a infecção inicial ocorre a partir da replicação do vírus nas células do tecido epitelial na mucosa da nasofaringe e tonsilas. A partir desse primeiro momento, o vírus adentra ao sistema nervoso periférico e se dissemina via transporte retrógrado por esse tecido, atingindo os gânglios onde ficarão em sua forma latente (Gonzalez-Mariscal; Garay; Lechuga, 2009; Thacker, 2001; Tirabassi *et al.*, 1998).

Com a capacidade de alojamento nos gânglios do hospedeiro, há ocorrência de reincidência em casos de estresse e queda de imunidade dos animais portadores (Thacker, 2001). Entre os sinais clínicos respiratórios observados, logo no início da infecção o animal



apresenta espirros, tosse, dispneia e secreções nasais, cerca de 3-6 dias após a inoculação viral (Zheng *et al.*, 2022).

Patógenos primários e suas relações sinérgicas

Na avaliação da infecção por *M. hyopneumoniae* e PCV2, observa-se um aumento da severidade das lesões originadas pela ação viral nos pulmões e nos tecidos linfoides. Essa sinergia para agravamento dos danos no tecido é observada em modelos experimentais de infecção sequencial - primeiro a inoculação bacteriana e na sequência a viral (Opriessnig *et al.*, 2004). *M. hyopneumoniae* atua de forma que ocorre o aumento da viremia de PCV2 (Seo *et al.*, 2014). Em casos de inoculação simultânea, não há evidências de interações entre os agentes que potencializem o desenvolvimento das lesões (Sibila *et al.*, 2012).

Apesar da relação de aumento das lesões em casos de coinfeção, a vacinação exclusiva para *M. hyopneumoniae* ou para PCV2 não é capaz de reduzir o agravamento da doença. Dessa forma, no controle sanitário de rebanhos afetados por ambos os patógenos, a vacinação para cada agente é uma medida recomendada (Seo *et al.*, 2014).

De maneira semelhante, a interação bacteriana-viral observada em casos de coinfeção com PRRSV demonstra que *M. hyopneumoniae* é capaz de aumentar os níveis de viremia no organismo. Entretanto, o efeito contrário não é constatado, PRRSV não é capaz de aumentar os níveis de micoplasmas nos tecidos (Park *et al.*, 2014; Thacker, 2001). Observa-se que, em casos de interação de PRRSV com o agente *M. hyopneumoniae*, há um aumento da intensidade da pneumonia encontrada nos animais infectados pelos dois patógenos (Thacker, 2001), provavelmente devido ao processo virêmico que se intensifica nos tecidos.

Por outro lado, a coinfeção pelo PRRSV intensifica as lesões causadas pelo PCV2, mesmo em situações em que suínos infectados com PCV2 são vacinados com a variante MLV1-like do PRRSV (Eclercy *et al.*, 2020; Park *et al.*, 2013). Estudos indicam que a presença do PRRSV estimula um aumento na concentração de antígenos de PCV2 nos tecidos (Allan *et al.*, 2000). No entanto, essa interação não resulta em um aumento da replicação viral ou no agravamento das lesões causadas pelo PRRSV na presença de PCV2 (Park *et al.*, 2013).

De maneira geral, os estudos sobre coinfeções indicam que *M. hyopneumoniae* pode aumentar a replicação viral tanto do PCV2 quanto do PRRSV. Essa interação agrava a severidade das lesões teciduais e intensifica os sinais clínicos associados a esses vírus (Chae, 2016; Oh *et al.*, 2022; Ouyang *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2022).

Em um estudo experimental de coinfeção entre PRV e *M. hyopneumoniae*,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



observou-se um aumento na severidade das lesões pulmonares em relação aos grupos infectados por apenas um dos patógenos. Além disso, a infecção viral favoreceu o crescimento bacteriano, resultando em uma maior carga de micoplasmas nos estágios iniciais da infecção (Shibata *et al.*, 1998). Um mecanismo semelhante foi descrito na interação entre o vírus da doença de Aujeszky e *Pasteurella multocida*, um agente secundário da CDRS (Zhang *et al.*, 2024).

A interação de PRV com agentes bacterianos apresenta um efeito sinérgico, pois o vírus compromete a integridade da mucosa do epitélio respiratório, favorecendo infecções bacterianas secundárias (Zhang *et al.*, 2024; Yu, *et al.*, 2021). Em infecções mistas, o PRV reduz a expressão de proteínas de junção e aderência, comprometendo a adesão celular, ao mesmo tempo em que intensifica sinalização de citocinas pró-inflamatórias, amplificando o dano celular (Zhang *et al.*, 2024).

No caso de coinfeção entre PRV e PCV2, há um agravamento dos sinais neurológicos e respiratórios da doença de Aujeszky, além de maior mortalidade em leitões. Essa severidade está associada ao aumento da replicação viral nos tecidos cerebral e pulmonar (Ouyang, 2019; Zhang *et al.*, 2019).

Em infecção experimental entre PRRSV e PRV, os sinais clínicos respiratórios foram mais severos do que nos grupos de infecção única. Essas manifestações foram acompanhadas por lesões pulmonares extensas, com replicação acentuada de PRRSV no tecido pulmonar e em tonsilas (Shibata *et al.*, 2003).

Fatores predisponentes para doenças respiratórias no rebanho suíno

As doenças respiratórias estão relacionadas a diversos fatores dentro da suinocultura, e algumas medidas de controle são aplicáveis independente da etiologia envolvida. No complexo respiratório dos suínos, a ocorrência de animais positivos está fortemente associada ao manejo sanitário adotado na propriedade. A biossegurança nos sistemas de produção está diretamente ligada à circulação de agentes infecciosos e à morbidade das doenças respiratórias (Assavacheep; Thanawongnuweck, 2022). Dessa forma, as principais formas de controle dessa patologia dentro do rebanho envolvem aspectos de manejo e construtivos das instalações (De Miranda; Da Silva, 2023).

Como característica geral, a suinocultura moderna trabalha em um processo de intensificação que leva ao maior confinamento e interação entre os animais. Essa aproximação entre indivíduos promove um contato maior entre os animais e/ou aerossóis, fator que contribui para disseminação de agentes patogênicos (Alarcón; Allepuz; Mateu,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



2021). Por conta dessa proximidade, é importante levar em conta aspectos como lotação de animais por alojamento, tamanho adequado das baias, separação dos lotes por idade, controle de temperatura e ventilação e manejo de bem-estar (De Miranda; Da Silva, 2023). Em granjas de maior tecnificação, a técnica *all-in-all-out* permite um fluxo de manejo que reduz a disseminação de patógenos ao garantir a entrada e saída de lotes de animais de forma simultânea (Alarcón; Allepuz; Mateu, 2021; Maes *et al.*, 2008).

Outro fator de importância a ser considerado é a localização da granja em seu entorno, levando em consideração principalmente a densidade de rebanho de suínos na região, fator que impacta na segurança sanitária. Regiões com alta densidade de rebanhos apresentam maior concentração de animais, o que contribui para a disseminação de doenças, principalmente aquelas veiculadas via aerossóis. Uma forma de atuar no ambiente focando na prevenção da disseminação dessas partículas, é pelo plantio de árvores ao redor das produções. Esta prática permite a criação de cinturões verdes, que diminuem a eficiência de disseminação de aerossóis infectantes (De Miranda; Da Silva, 2023).

Quando se trata do fator idade, a estratégia de separação dos lotes por categorias é necessária para não ocorrer a mistura de animais com diferentes níveis de resposta imunológica. Animais que estão em fase de recria e terminação são os mais suscetíveis aos patógenos respiratórios, uma vez que apresentam baixa concentração de anticorpos no sangue para os agentes, enquanto animais mais jovens tendem a possuir proteção via ingestão do colostro (Maes *et al.*, 2008, De Miranda; Da Silva, 2023). A ausência de separação etária favorece surtos de doenças, pois o estresse causado pela interação entre animais em diferentes estágios de desenvolvimento compromete a resposta imune e aumenta a suscetibilidade a infecções. (Alarcón; Allepuz; Mateu, 2021).

Outro fator importante para a prevenção de doenças respiratórias é a introdução de novos animais no rebanho. Fêmeas nulíparas provenientes de sistemas de criação controlado, ao serem inseridas em rebanhos com status sanitário inferior, podem funcionar como fator de risco, uma vez que elas não possuem o contato prévio com os agentes etiológicos. Sendo assim, esses animais podem desenvolver infecções agudas ao entrarem em contato com suínos portadores crônicos, além de apresentarem dificuldades na transferência de anticorpos via colostro (Alarcón; Allepuz; Mateu, 2021; De Miranda; Da Silva, 2023).

Sinais clínicos

Os sinais clínicos do CDRS são diversos e variam em intensidade de acordo com o tipo de interação entre os agentes presentes. De maneira geral, quando a infecção se trata por



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



agentes primários, estes são responsáveis por alterações no sistema imunológico respiratório que aumentam a suscetibilidade para que ocorra a infecção por diferentes outros agentes, os patógenos secundários (Thacker, 2001).

Os sinais clínicos são percebidos comumente entre as 14 e 20 semanas de vida do animal, tendo impactos significativos na fase de terminação dessas produções. Comumente a infecção é acompanhada de retardo de crescimento, deficiência na conversão alimentar, anorexia, febre, tosse e dispneia (Thacker, 2001), sendo responsável por perdas econômicas diretas no produto final. Entretanto, avaliações de pulmões de suínos mortos por afecções respiratórias indicaram maior incidência da doença em animais mais jovens, principalmente após o desmame, configurando-se como uma das principais causas de mortalidade entre os leitões (Ruggeri *et al.*, 2020).

A infecção pelo agente primário *M. hyopneumoniae* é capaz de promover lesões no tecido pulmonar, caracterizadas por áreas de consolidação pulmonar, presença de hiperplasia do tecido linfóide associado ao brônquio (BALT), edema alveolar, áreas hemorrágicas, congestão e enfisema (Rodrigues *et al.*, 2023). Em interações com outras bactérias, *Actinobacillus pleuropneumoniae* e *P. multocida*, são observadas alterações que variam entre broncopneumonia aguda, broncopneumonia aguda não supurativa, broncopneumonia crônica e hiperplasia epitelial (Nascimento *et al.*, 2018).

A presença de pleurisia comumente é relatada tanto em leitões quanto em animais em fase de terminação/engorda, enquanto que quadros de pneumonia intersticial e pleuropneumonia são observados em animais nas últimas fases de manejo antes do abate (Ruggeri *et al.*, 2020). As lesões comumente associadas a porção cranial dos lobos pulmonares e com presença de broncopneumonia catarral, pneumonia intersticial e principalmente pleurisia (Hansen *et al.*, 2010). Comparando as lesões patológicas por idade dos animais, percebe-se a ocorrência de broncopneumonia catarral, pericardite e pleuro-pericardite em leitões, enquanto animais adultos estão mais comumente associados à quadros pleurisia (Ruggeri *et al.*, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Complexo Respiratório dos Suínos é uma síndrome multifatorial, caracterizada pela interação de diversos agentes infecciosos no organismo animal. Cada patógeno apresenta um papel específico no processo de infecção, podendo atuar diretamente na destruição tecidual ou favorecer alterações que predisõem ao agravamento das coinfeções.

A compreensão dessas interações é essencial para orientar a tomada de decisão



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



médico-veterinária, permitindo a adoção de estratégias de manejo sanitário mais eficazes. Isso contribui diretamente para a redução da incidência de doenças respiratórias nos rebanhos e fortalece o desenvolvimento sustentável da suinocultura.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (Código de Financiamento 001). À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Maranhão - FAPEMA pela concessão da bolsa de mestrado a Ana Isabela Lima Ribeiro.

REFERÊNCIAS

ALARCÓN, L.V.; ALLEPUZ, A.; MATEU, E. Biosecurity in pig farms: a review. **Porcine Health Management**, v. 7, n. 1, p. 5, 2021.

ALLAN, G.M. *et al.* Experimental infection of colostrum deprived piglets with porcine circovirus 2 (PCV2) and porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) potentiates PCV2 replication. **Archives of Virology**, v. 145, p. 2421-2429, 2000.

AN, T. *et al.* Molecular and cellular mechanisms for PRRSV pathogenesis and host response to infection. **Virus Research**, v. 286, p. 197980, 2020.

ARRUDA, B. *et al.* PCV3-associated disease in the United States swine herd. **Emerging Microbes & Infections**, v. 8, n. 1, p. 684-698, 2019.

ASSAVACHEEP, P.; THANAWONGNUWECH, R. Porcine respiratory disease complex: Dynamics of polymicrobial infections and management strategies after the introduction of the African swine fever. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 1048861, 2022.

BENFIELD, D.A. *et al.* Characterization of swine infertility and respiratory syndrome (SIRS) virus (isolate ATCC VR-2332). **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 4, n. 2, p. 127-133, 1992.

BERA, B.C. *et al.* Detection and genetic characterization of porcine circovirus 3 (PCV3) in pigs in India. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 67, n. 3, p. 1062-1067, 2020.

BETLACH, A.M. *et al.* *Mycoplasma hyopneumoniae* variability: current trends and proposed terminology for genomic classification. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 66, n. 5, p. 1840-1854, 2019.

BURRAI, G.P. *et al.* The Synergic Role of Emerging and Endemic Swine Virus in the Porcine Respiratory Disease Complex: Pathological and Biomolecular Analysis. **Veterinary Sciences**, v. 10, n. 10, p. 595, 2023.

CHAE, C. Porcine respiratory disease complex: Interaction of vaccination and porcine circovirus type 2, porcine reproductive and respiratory syndrome virus, and *Mycoplasma hyopneumoniae*. **The Veterinary Journal**, v. 212, p. 1-6, 2016.

DE MIRANDA, L.G; DA SILVA, E.B. Afecções respiratórias na espécie suína decorrentes



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



do sistema de criação intensivo: Revisão. **Pubvet**, v. 17, n. 05, p. e1384-e1384, 2023.

DEBEY, M.C.; ROSS, R.F. Ciliostasis and loss of cilia induced by *Mycoplasma hyopneumoniae* in porcine tracheal organ cultures. **Infection and Immunity**, v. 62, n. 12, p. 5312-5318, 1994.

DOKLAND, T. The structural biology of PRRSV. **Virus Research**, v. 154, n. 1-2, p. 86-97, 2010.

ECLERCY, J. *et al.* PCV2 co-infection does not impact PRRSV MLV1 safety but enhances virulence of a PRRSV MLV1-like strain in infected SPF pigs. **Veterinary Microbiology**, v. 244, p. 108656, 2020.

FANG, K. *et al.* Epidemiological and genetic characteristics of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in South China between 2017 and 2021. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 853044, 2022.

FANO, E. *et al.* Effect of *Mycoplasma hyopneumoniae* colonization at weaning on disease severity in growing pigs. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 71, n. 3, p. 195, 2007.

GONZALEZ-MARISCAL, L.; GARAY, E.; LECHUGA, S. Virus interaction with the apical junctional complex. **Frontiers in Bioscience-Landmark (FBL)**, v. 14, n. 2, p. 731-68, 2009.

HANSEN, M.S. *et al.* An investigation of the pathology and pathogens associated with porcine respiratory disease complex in Denmark. **Journal of Comparative Pathology**, v. 143, n. 2-3, p. 120-131, 2010.

KEDKOVID, R. *et al.* Porcine circovirus type 3 (PCV3) infection in grower pigs from a Thai farm suffering from porcine respiratory disease complex (PRDC). **Veterinary Microbiology**, v. 215, p. 71-76, 2018.

KIM, S.W. *et al.* Current status of global pig production: an overview and research trends. **Animal Bioscience**, v. 37, n. 4, p. 719, 2024.

LUNNEY, J. K. *et al.* Porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV): pathogenesis and interaction with the immune system. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 4, n. 1, p. 129-154, 2016.

MAES, D. *et al.* Control of *Mycoplasma hyopneumoniae* infections in pigs. **Veterinary Microbiology**, v. 126, n. 4, p. 297-309, 2008.

MAES, D. *et al.* Perspectives for improvement of *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccines in pigs. **Veterinary Research**, v. 52, n. 1, p. 67, 2021.

MAES, D. *et al.* Update on *Mycoplasma hyopneumoniae* infections in pigs: knowledge gaps for improved disease control. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 65, p. 110-124, 2018.

MALCHER, C.S. *et al.* Health–Economic Impact Attributable to Occurrence of Pleurisy and



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Pneumonia Lesions in Finishing Pigs. **Veterinary Sciences**, v. 11, n. 12, p. 668, 2024.

MENG, X. Porcine circovirus type 2 (PCV2): pathogenesis and interaction with the immune system. **Annual Review of Animal Biosciences**, v. 1, n. 1, p. 43-64, 2013.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Instrução Normativa nº 50, de 24 de setembro de 2013. Diário Oficial da União, Brasília, DF, seção 1, 25 set. 2013.

NASCIMENTO, E.R.M. *et al.* Identificação e distribuição dos agentes causadores da pleurisia na suinocultura brasileira. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 46, n. 1590, p. 1-8, 2018.

NATHUES, H. *et al.* Detection of *Mycoplasma hyopneumoniae* in nasal swabs sampled from pig farmers. **The Veterinary Record**, v. 170, n. 24, p. 623, 2012.

NAYAR, G.P.; HAMEL, A.; LIN, L. Detection and characterization of porcine circovirus associated with postweaning multisystemic wasting syndrome in pigs. **The Canadian Veterinary Journal**, v. 38, n. 6, p. 385, 1997.

NEUMANN, E.J. *et al.* Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome on swine production in the United States. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 227, n. 3, p. 385-392, 2005.

OH, T. *et al.* Virulence comparison of four porcine circovirus type 2 (PCV2) genotypes (2a, 2b, 2d and 2e) in pigs single-infected with PCV2 and pigs dual-infected with PCV2 and *Mycoplasma hyopneumoniae*. **Journal of Comparative Pathology**, v. 199, p. 88-98, 2022.

OPRIESSNIG, T. *et al.* Experimental reproduction of postweaning multisystemic wasting syndrome in pigs by dual infection with *Mycoplasma hyopneumoniae* and porcine circovirus type 2. **Veterinary Pathology**, v. 41, n. 6, p. 624-640, 2004.

OPRIESSNIG, T.; GIMÉNEZ-LIROLA, L.G.; HALBUR, P.G. Polymicrobial respiratory disease in pigs. **Animal Health Research Reviews**, v. 12, n. 2, p. 133-148, 2011.

OPRIESSNIG, T.; HALBUR, P.G. Concurrent infections are important for expression of porcine circovirus associated disease. **Virus Research**, v. 164, n. 1-2, p. 20-32, 2012.

OPRIESSNIG, T.; LANGOHR, I. Current state of knowledge on porcine circovirus type 2-associated lesions. **Veterinary Pathology**, v. 50, n. 1, p. 23-38, 2013.

OPRIESSNIG, T. *et al.* Porcine circoviruses: current status, knowledge gaps and challenges. **Virus Research**, v. 286, p. 198044, 2020.

OUYANG, T. *et al.* Co-infection of swine with porcine circovirus type 2 and other swine viruses. **Viruses**, v. 11, n. 2, p. 185, 2019.

PALINSKI, R. *et al.* A novel porcine circovirus distantly related to known circoviruses is associated with porcine dermatitis and nephropathy syndrome and reproductive failure. **Journal of Virology**, v. 91, n. 1, p. 10.1128/jvi.01879-16, 2017.

PARK, C. *et al.* Comparative effects of vaccination against porcine circovirus type 2 (PCV2)



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



and porcine reproductive and respiratory syndrome virus (PRRSV) in a PCV2-PRRSV challenge model. **Clinical and Vaccine Immunology**, v. 20, n. 3, p. 369-376, 2013.

PARK, S. *et al.* Interaction between single-dose *Mycoplasma hyopneumoniae* and porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccines on dually infected pigs. **Research in Veterinary Science**, v. 96, n. 3, p. 516-522, 2014.

PHAN, T.G. *et al.* Detection of a novel circovirus PCV3 in pigs with cardiac and multi-systemic inflammation. **Virology Journal**, v. 13, p. 1-8, 2016.

PUVANENDIRAN, S. *et al.* Absence of porcine circovirus type 1 (PCV1) and high prevalence of PCV 2 exposure and infection in swine finisher herds. **Virus Research**, v. 157, n. 1, p. 92-98, 2011.

RAUTIAINEN, E. *et al.* Varying effects of infections with *Mycoplasma hyopneumoniae* on the weight gain recorded in three different multisource fattening pig herds. **Journal of Veterinary Medicine, Series B**, v. 47, n. 6, p. 461-469, 2000.

RAZIN, S.; YOGEV, D.; NAOT, Y. Molecular biology and pathogenicity of mycoplasmas. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 62, n. 4, p. 1094-1156, 1998.

RODRIGUES, O.A.F. *et al.* Real-time PCR quantification and histopathological findings of *Mycoplasma hyopneumoniae* infection in the lungs of pigs slaughtered in São Luís, Maranhão, Brazil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 43, p. e07233, 2023.

ROMERO, C. H. *et al.* Venereal transmission of pseudorabies viruses indigenous to feral swine. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 37, n. 2, p. 289-296, 2001.

RUGGERI, J. *et al.* Association between infectious agents and lesions in post-weaned piglets and fattening heavy pigs with porcine respiratory disease complex (PRDC). **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 636, 2020.

SAADE, G. *et al.* Coinfections and their molecular consequences in the porcine respiratory tract. **Veterinary Research**, v. 51, p. 1-19, 2020.

SEO, H.W. *et al.* Interaction of porcine circovirus type 2 and *Mycoplasma hyopneumoniae* vaccines on dually infected pigs. **Vaccine**, v. 32, n. 21, p. 2480-2486, 2014.

SHIBATA, I. *et al.* Experimental dual infection of cesarean-derived, colostrum-deprived pigs with *Mycoplasma hyopneumoniae* and pseudorabies virus. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 60, n. 3, p. 295-300, 1998.

SHIBATA, I. *et al.* Experimental Dual Infection of Specific Pathogen-Free Pigs with Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus and Pseudorabies Virus. **Journal of Veterinary Medicine, Series B**, v. 50, n. 1, p. 14-19, 2003.

SIBILA, M. *et al.* Simultaneous porcine circovirus type 2 and *Mycoplasma hyopneumoniae* co-inoculation does not potentiate disease in conventional pigs. **Journal of Comparative Pathology**, v. 147, n. 2-3, p. 285-295, 2012.

STÄRK, K.D. C.; NICOLET, J.; FREY, J. Detection of *Mycoplasma hyopneumoniae* by air



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



sampling with a nested PCR assay. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, n. 2, p. 543-548, 1998.

SUN, Q. *et al.* Investigation and analysis of etiology associated with porcine respiratory disease complex in China from 2017 to 2021. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 960033, 2022.

TAMIOZZO, P.J. *et al.* Monitoramento da presença de *Mycoplasma hyopneumoniae* em granjas de suínos durante a implementação de programas de erradicação. **Ciência Rural**, v. 41, p. 699-705, 2011.

THACKER, E.L. Immunology of the porcine respiratory disease complex. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 17, n. 3, p. 551-565, 2001.

TIRABASSI, R.S. *et al.* Molecular mechanisms of neurotropic herpesvirus invasion and spread in the CNS. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 22, n. 6, p. 709-720, 1998.

TISCHER, I. *et al.* Studies on epidemiology and pathogenicity of porcine circovirus. **Archives of Virology**, v. 91, p. 271-276, 1986.

TOCHETTO, C. *et al.* Full-genome sequence of porcine circovirus type 3 recovered from serum of sows with stillbirths in Brazil. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 65, n. 1, p. 5-9, 2018.

VICENTE, A.F. *et al.* Soropositividade para *Mycoplasma hyopneumoniae* em suínos abatidos em frigoríficos da região central do estado de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 1899-1903, 2013.

YU, X. *et al.* The epidemiological investigation of co-infection of major respiratory bacteria with pseudorabies virus in intensive pig farms in China. **Veterinary Medicine and Science**, v. 7, n. 1, p. 175-183, 2021.

ZHANG, D. *et al.* Pseudorabies virus infection increases the permeability of the mammalian respiratory barrier to facilitate *Pasteurella multocida* infection. **Mosphere**, v. 9, n. 8, p. e00297-24, 2024.

ZHANG, H. *et al.* Novel circovirus species identified in farmed pigs designated as Porcine circovirus 4, Hunan province, China. **Transboundary and Emerging Diseases**, v. 67, n. 3, p. 1057-1061, 2020.

ZHANG, J. *et al.* Synergistic pathogenicity by coinfection and sequential infection with NADC30-like PRRSV and PCV2 in post-weaned pigs. **Viruses**, v. 14, n. 2, p. 193, 2022.

ZHANG, X. *et al.* Effect of porcine circovirus type 2 on the severity of lung and brain damage in piglets infected with porcine pseudorabies virus. **Veterinary Microbiology**, v. 237, p. 108394, 2019.

ZHENG, H. *et al.* Pseudorabies virus: from pathogenesis to prevention strategies. **Viruses**, v. 14, n. 8, p. 1638, 2022.



Contenção química em felinos selvagens: Revisão de Literatura

Gleyce Rose da Conceição Oliveira; Alana Lislea de Sousa²; Tadeu Gomes de Oliveira³

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055- 310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055- 310 São Luís, MA, Brasil.

³Docente do Departamento de Biologia, Centro de Educação, Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055- 310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A contenção química de felinos silvestres é fundamental para garantir o bem-estar do animal, pois o estresse gerado durante a manipulação pode representar riscos à sua vida. Embora existam protocolos que empregam substâncias químicas, como sedativos, é essencial monitorar esses animais durante o procedimento. Nesse contexto, a presente revisão da literatura aborda as opções dos fármacos mais utilizados e destaca a importância do monitoramento contínuo por meio do eletrocardiograma, sendo esse essencial para a detecção de arritmias, distúrbios eletrolíticos e alterações na condução elétrica do coração.

Palavras-chave: Anestesia, Felídeos selvagens.

INTRODUÇÃO

Na medicina veterinária de animais silvestres, é essencial o conhecimento em anestesiologia e fisiopatologia da dor, pois, frequentemente, o manejo desses animais ocorre por meio de contenção química. Essa abordagem deve ser segura tanto para o animal quanto para a equipe (Cubas *et al*, 2014).

Métodos de contenção empregados para acalmar e capturar animais envolvem fármacos, que agem em diferentes áreas do cérebro e é geralmente aplicado quando é necessário sedar o animal ou apenas tranquilizá-lo para um manejo. Além disso, alguns fármacos também podem ser utilizados quando for necessária uma contenção química prolongada, como na anestesia, para minimizar o estresse, bem como em procedimentos cirúrgicos ou no tratamento de áreas com sensibilidade dolorosa, garantindo analgesia. A escolha do fármaco dependerá dessas necessidades específicas (Freitas, 2011).

Em felídeos silvestres, são utilizados anestésicos dissociativos, agonistas alfa-2 adrenérgicos, benzodiazepínicos e/ou opioides, seja de forma isolada ou em combinações variadas. A escolha do protocolo anestésico depende de diversos fatores, incluindo as condições clínicas do animal, idade, habitat (cativeiro ou vida livre), espécie, score corporal, além da disponibilidade e acessibilidade dos fármacos (Rockhill *et al.*, 2011).



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Alguns dos efeitos colaterais observados incluem redução da frequência cardíaca (Rockhill *et al.*, 2011), depressão respiratória (Goodrich *et al.*, 2001), rigidez muscular, convulsões (Grassman *et al.*, 2004), ataxia (Fahlman *et al.*, 2005), hipotermia (Waelbers *et al.*, 2007), hipertermia (Sontakke *et al.*, 2009) e sialorreia (Belsare; Athreya, 2010).

Para elaborar um protocolo anestésico eficaz, é fundamental considerar diversos fatores, assim o protocolo pode ser ajustado conforme o risco anestésico do paciente, o qual é determinado pela presença de disfunções renais, hepáticas, cardíacas ou respiratórias. Além disso, a condição de saúde do animal pode ser classificada de acordo com a gradação estabelecida pela American Society of Anesthesiologists (ASA) (Grimm *et al.*, 2017). Quando se trata de um animal silvestre, a avaliação dessas funções torna-se um desafio, pois, sendo um animal de vida livre, a verificação de seu estado de saúde é limitada ou até inviável. Assim como a contenção, a recuperação é uma fase importante e essencial do manejo, pois intervenções nesse momento são difíceis. Para animais de vida livre, em especial, é fundamental que a recuperação ocorra de forma rápida e eficiente (Epstein *et al.*, 2002).

Contenção química

A contenção química ou farmacológica de animais silvestres é utilizada em situações de transporte, captura e tratamento, com o objetivo de minimizar ao máximo os riscos envolvidos no manuseio, tanto para os animais quanto para o médico veterinário e sua equipe (Spinosa *et al.*, 1999).

Anestésicos

Os anestésicos utilizados para a contenção de animais silvestres devem garantir uma indução anestésica rápida e suave, mantendo estabilidade cardiovascular, possuir um antagonista farmacológico específico e permitir uma recuperação tranquila, sem efeitos adversos dos fármacos (Wenger *et al.*, 2010; Rockhill *et al.*, 2011).

Anestésicos dissociativos

Os anestésicos dissociativos são os fármacos mais utilizados na contenção de felinos silvestres. Esse termo refere-se a um estado caracterizado pela depressão das funções neuronais do eixo córtico-talâmico e do núcleo central do tálamo, ao mesmo tempo em que há estímulo de partes do sistema límbico, como o hipocampo. Esse efeito induz um estado cataléptico, no qual os reflexos palpebrais são preservados (Li, 2007).

A quetamina é a principal droga dissociativa utilizada na contenção de felinos



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



silvestres, proporcionando uma imobilização eficaz sem causar alterações significativas no sistema cardiovascular, causando analgesia somática. No entanto, alguns efeitos adversos podem ser observados nesses animais, como sialorreia, pálpebras abertas e manutenção do reflexo laringofaríngeo ativo (Bertoizzo *et al.*, 2008).

Em felinos silvestres, a quetamina raramente é utilizada de forma isolada. No entanto, seu uso isolado foi registrado em algumas espécies para a coleta de sêmen por eletroejaculação (Wildt *et al.*, 1988); a exemplo em tigres, para avaliação de seus efeitos sedativos (Goodrich *et al.*, 2001); e em leões, em um estudo comparativo entre três protocolos, nos quais a quetamina foi empregada como medicação pré-anestésica isoladamente (Epstein *et al.*, 2002). Os autores relataram sucesso na contenção sem a necessidade de associação com outros fármacos, porém destacaram como principal efeito adverso a ocorrência de convulsões.

A tiletamina, quando associada a outros fármacos como o zolazepam, e a quetamina, combinados com xilazina ou midazolam, induzem anestesia dissociativa. Essa condição é caracterizada por analgesia, preservação dos reflexos oculares (palpebral e corneal), laringeo e faríngeo, aumento do tônus muscular (catalepsia), além de possíveis efeitos adversos, como predisposição a convulsões, nistagmo, sialorreia e lacrimejamento (Muir, 2001).

Os anestésicos dissociativos são os principais fármacos empregados na contenção química de felinos silvestres, sendo frequentemente combinados com agonistas alfa-2 adrenérgicos, benzodiazepínicos e opioides para reduzir seus efeitos adversos. Além disso, o uso de agentes reversores, como o atipamezole, contribui para uma recuperação mais rápida e tranquila (Cerejo *et al.*, 2015).

Agonistas alfa 2-adrenérgicos

Os agonistas alfa-2 adrenérgicos, como a xilazina, induzem sedação, hipnose, relaxamento muscular, ataxia e analgesia (Fantoni; Cortopassi, 2002). Esses fármacos são frequentemente associados à quetamina para potencializar seus efeitos de forma sinérgica, promovendo maior relaxamento muscular e permitindo a redução da dose necessária (Telesco; Sovada, 2002).

Os agonistas alfa-2 adrenérgicos são amplamente utilizados na contenção química de felinos silvestres devido à sua potente depressão do sistema nervoso central, promovendo sedação de forma dose-dependente, significativo relaxamento muscular e, principalmente, por possuírem antagonistas específicos (Lemke, 2007; Belsare; Athreya, 2010; Wenger *et al.*, 2010; Rockhill *et al.*, 2011; Schrader *et al.*, 2012). Essa característica permite uma



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



recuperação anestésica mais rápida. Dentre os principais representantes dessa classe farmacológica, destacam-se a clonidina, detomidina, dexmedetomidina, medetomidina, romifidina e xilazina (Braga, 2012).

Ainda há poucos relatos sobre o uso da dexmedetomidina em felinos silvestres. No entanto, estudos já demonstraram seus potentes efeitos sedativos, analgésicos e miiorrelaxantes em felinos domésticos, tanto quando administrada isoladamente quanto em combinação com opioides (Selmi *et al.*, 2003; Nagore *et al.*, 2012). Embora apresente os efeitos colaterais típicos dos agonistas alfa-2 adrenérgicos, como redução da frequência cardíaca e hipertensão, esses efeitos tendem a ser mais brandos (Pypendop *et al.*, 2011; Nagore *et al.*, 2012).

A dexmedetomidina um agonista alfa-2 adrenérgico, pode ser associado à quetamina para proporcionar maior relaxamento muscular, sedação profunda e analgesia visceral. Ko *et al.* (2011).

Opioides

Os opioides são amplamente utilizados como adjuvantes em diversos estudos, pois proporcionam um efeito analgésico mais intenso e potencializam a sedação em combinação com outros agentes anestésicos (Cerejo *et al.*, 2015).

O termo opioide é utilizado para classificar todos os fármacos quimicamente derivados do ópio (Lamont; Mathews, 2007). Apesar de serem pouco utilizados em felinos silvestres devido aos seus efeitos adversos, alguns estudos demonstraram que o uso desses fármacos como adjuvantes resulta em menos efeitos colaterais (Waelbers *et al.*, 2007; Wenger *et al.*, 2010; Rockhill *et al.*, 2011).

O principal efeito colateral dos fármacos dessa classe é a depressão respiratória. No entanto, também é comum a ocorrência de excitação e aumento da atividade locomotora devido à midríase e à estimulação do sistema nervoso central, especialmente em doses excessivas. Além disso, esses fármacos podem causar hipo ou hipertermia devido alterações no sistema termorregulador, êmese e diversos efeitos cardiovasculares (Gunkel; Lafortune, 2007; Lamont; Mathews, 2007).

A buprenorfina é um opioide semissintético, agonista parcial dos receptores μ , possui uma grande eficácia analgésica (Robertson, 2008) e período de ação prolongado, que varia de 6 a 12 horas (Lamont; Mathews, 2007).

O butorfanol é um opioide sintético classificado como agonista-antagonista, atuando como agonista nos receptores κ e antagonista nos receptores μ (Gunkel; Lafortune, 2007;



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Lamont; Mathews, 2007). Quando administrado isoladamente, promove sedação e analgesia discreta, com curta duração de ação. No entanto, quando combinado com outros fármacos, como benzodiazepínicos e agonistas alfa-2 adrenérgicos, há uma potencialização da analgesia e, da sedação (Lamont; Mathews, 2007; Rockhill *et al.*, 2011).

Não foi demonstrado eficácia analgésica na administração associada de butorfanol, quetamina e medetomidina em Linces, espécies felinas de vida livre para procedimentos médico, como a realização de biópsias de pele quando comparada à combinação de quetamina e xilazina. Esse resultado foi evidenciado, principalmente, pela ocorrência de movimentos durante os momentos de maior estímulo nociceptivo (Rockhill *et al.*, 2011).

Benzodiazepínicos

Os benzodiazepínicos podem ser utilizados na contenção de felinos silvestres, com relatos na literatura sobre o uso de diazepam (Epstein *et al.*, 2002; Fiorello *et al.*, 2007), midazolam (Curro *et al.*, 2004; Fiorello *et al.*, 2007; Desmarchelier *et al.*, 2009; Schrader *et al.*, 2012) e zolazepam (Shindle; Tewes, 2000; Fahlman *et al.*, 2005). Este último, no entanto, é comercializado apenas em associação com a tiletamina (Lemke, 2007).

A associação de quetamina aos benzodiazepínicos não é frequentemente utilizada, pois apresenta um efeito sedativo menos potente, especialmente quando comparada aos agonistas alfa-2 adrenérgicos (Epstein *et al.*, 2002; Fiorello *et al.*, 2007). Por essa razão, é mais comum o uso de anestésicos dissociativos combinados com um benzodiazepínico e um agonista alfa-2 adrenérgico, proporcionando sedação mais eficaz e estabilidade anestésica (Curro *et al.*, 2004; Fiorello *et al.*, 2007; Wenger *et al.*, 2010; Schrader *et al.*, 2012).

Quanto a solubilidade dos fármacos de uso em felinos selvagens o diazepam mostra alta ação lipídica, o que permite sua rápida distribuição pelo organismo. No entanto, sua administração por via intramuscular não é recomendada devido à irritação e à dor intensa no local da aplicação. Por outro lado, o midazolam é hidrossolúvel, não causando esses efeitos adversos locais e apresentando melhor absorção por essa via em comparação ao diazepam (Lemke, 2007). Além disso, o midazolam possui maior afinidade pelos receptores benzodiazepínicos, resultando em efeitos sedativos mais intensos na maioria das espécies (Lemke, 2007).

Em leões, a administração intramuscular de quetamina, seguida da aplicação intravenosa da associação quetamina e diazepam, demonstrou boa eficácia, permitindo a manipulação dos animais por um tempo médio de 60 minutos (Epstein *et al.*, 2002). Por outro lado, Kolata (2002) relata que a associação de quetamina e midazolam para a sedação



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



de leões pode exigir doses complementares em procedimentos mais invasivos.

Monitoração com eletrocardiograma

A eletrocardiografia é um método de registro dos campos elétricos gerados pelo coração a partir da superfície corpórea. Ondas específicas representam os estágios de despolarização e repolarização do miocárdio, sendo detectadas pelo eletrocardiógrafo. Esse equipamento mede as diferenças de potencial elétrico entre dois eletrodos posicionados sobre a pele e registra os dados em um papel específico ou monitor. O traçado resultante, denominado ECG, é um teste diagnóstico valioso na Medicina Veterinária, de fácil obtenção e essencial na identificação de arritmias cardíacas e diversas cardiopatias (Camacho, 1995; Tilley; Goodwin, 2002).

Após a sedação, é essencial manter monitoramento do ritmo cardíaco, as frequências cardíacas, respiratória, a temperatura corporal, a coloração das mucosas, o tempo de reperfusão capilar e o grau de depressão do sistema nervoso central (Miller *et al.*, 2003; Fahlman *et al.*, 2005; Rockhill *et al.*, 2011). Sempre que possível, outras variáveis também devem ser acompanhadas, como a pressão arterial, a saturação de oxigênio na hemoglobina e os níveis de gases e eletrólitos sanguíneos (Fahlman *et al.*, 2005; Gunkel; Lafortune, 2007).

Além do monitoramento, algumas medidas são fundamentais para a segurança do animal, como mantê-lo em decúbito lateral, utilizar colchões ou cobertas térmicas para evitar hipotermia (Logan *et al.*, 1986), conforme demonstra na figura 1. Posicionar a cabeça em um nível inferior ao do pescoço, favorecendo o escoamento da saliva e prevenindo aspiração; para reduzir estímulos visuais e sonoros, recomenda-se cobrir os olhos e inserir algodão nos condutos auditivos (Deem, 2004).

Figura 1: Jaguatirica (*Leopardus pardalis*), monitorado durante a sedação anestésica



Fonte: Arquivo pessoal - 2024

O traçado eletrocardiográfico representa tanto a amplitude (atividade elétrica) quanto a duração dessa atividade. Cada contração mecânica do coração (frequência cardíaca) é precedida por uma onda elétrica, resultante da diferença de potencial da corrente elétrica, que estimula a contração do músculo cardíaco, seguida pelo relaxamento, preparando o coração para o próximo batimento (Scharling *et al.*, 2024).

Cada parte do ECG corresponde a uma área anatômica ou fisiológica específica do coração, formando ciclos elétricos (Fish, 1990). Esses ciclos começam com a geração espontânea de um impulso no nódulo sinoatrial (SA), que se propaga rapidamente pelos átrios e, em seguida, através do feixe atrioventricular (AV), alcançando os ventrículos (Tilley; Goodwin, 2002), conforme demonstra na figura 2.

A atividade elétrica do coração é altamente organizada, ocorrendo de maneira rítmica e ordenada em ciclos repetitivos. A corrente elétrica se propaga do ponto de origem, o nódulo sinoatrial (SA), até as células do músculo ventricular (miocárdio ventricular), formando ondas contínuas que são registradas no ECG. Essas ondas possuem segmentos distintos, denominados P, Q, R, S e T, representando a atividade elétrica em diferentes regiões do coração durante os processos de despolarização e repolarização celular (Scharling *et al.*, 2024).

Figura 2: Eletrocardiograma de Jaguatirica (*Leopardus pardalis*), durante a anestesia.



Fonte: Arquivo pessoal - 2024

Antagonistas farmacológicos

O uso de reversores apresenta a vantagem de acelerar a recuperação anestésica. No entanto, quando o fármaco utilizado proporciona analgesia, sua reversão não é recomendada, pois pode comprometer o controle da dor (Gunkel; Lafortune, 2007). Em determinadas situações, a administração do reversor torna-se necessária para mitigar efeitos colaterais adversos que possam representar risco à saúde do animal durante o período pré, trans ou pós-operatório (Paes, 2016).

Alguns fármacos possuem antagonistas específicos, como os agonistas alfa-2 adrenérgicos, que podem ser revertidos pela ioimbina e pelo atipamezole; os benzodiazepínicos, antagonizados pelo flumazenil; e os opioides, cujo efeito pode ser revertido pela naloxona (Mckinney *et al.*, 2009; Sontakke *et al.*, 2009; Wenger *et al.*, 2010).

Os antagonistas alfa-2 adrenérgicos podem causar diversos efeitos adversos quando administrados, especialmente em altas doses, incluindo excitação, tremores, hipotensão, taquicardia e salivação. Durante a captura de animais de vida livre, o volume final é calculado com base em um peso estimado. Para minimizar os efeitos colaterais dessas substâncias, recomenda-se calcular a dose do antagonista com base na quantidade inicial de agonista administrado (Lamont; Mathews, 2007).



Recuperação

A recuperação anestésica é um período importante, para o restabelecimento das funções vitais do paciente, neste momento o animal restabelece completamente sua consciência, parâmetros fisiológicos e capacidade de ficar em estação voluntária. Para garantir uma recuperação segura, devem-se minimizar estímulos visuais, auditivos e táteis, além de manter vigilância constante. O ambiente deve ser silencioso e com pouca iluminação, sem disponibilidade de comida e água (Massone, 2003). O animal deve ser posicionado em decúbito ventral ou lateral para evitar complicações respiratórias (Gunkel; Lafortune, 2007).

O tempo de recuperação anestésica em felinos silvestres pode variar dependendo do protocolo utilizado, da espécie, da duração da anestesia, da temperatura corporal, da presença de doenças e das variações individuais. De modo geral, a recuperação com tiletamina-zolazepam é mais lenta em comparação àquela proporcionada por quetamina associada a agonistas alfa-2, que pode ocorrer em menos de uma hora. Por outro lado, em anestesia inalatória, a recuperação tende a ser mais rápida, podendo ocorrer em menos de trinta minutos (Gunkel; Lafortune, 2007).

Segundo Epstein (2002), a recuperação anestésica deve ser rápida, especialmente para animais de vida livre, pois eles precisam recuperar sua mobilidade e capacidade de se proteger de possíveis ameaças no ambiente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

É fundamental realizar uma avaliação clínica prévia do felino silvestre antes da sedação ou anestesia, garantindo a segurança tanto do animal quanto da equipe envolvida. A escolha do protocolo anestésico deve ser baseada nessa avaliação, visando uma recuperação rápida e segura. Durante todo o processo, o monitoramento dos parâmetros vitais é essencial para evitar complicações e garantir o bem-estar do animal.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (Código financiamento 001). À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão/FAPEMA pela concessão da bolsa de mestrado a Gleyce Rose da Conceição Oliveira.



REFERÊNCIAS

BELSARE, A.V.; ATHREYA, V.R. Use of xylazine hydrochloride-ketamine hydrochloride for immobilization of wild leopards (*Panthera pardus fusca*) in emergency situations. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*. v. 41, n. 2, p. 331-333, 2010.

BERTOZZO, D. *et al.* Contenção química em animais silvestres. *Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária*, v.11, p.1-6, 2008.

BRAGA, S.M. Uso de fármacos agonistas dos receptores α -2 adrenérgicos em medicina veterinária. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciência Animal) Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2012. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/67/o/seminario_1.pdf. Acesso em: 18 maio 2025.

CEREJO, S.A; JUNIOR, E.M. Contenção farmacológica em felinos silvestres. *Investigação*, v.14, p. 39-65, 2015.

CUBAS, Z. S. *et al.* Tratado de animais selvagens: medicina veterinária. São Paulo: Roca, 2014.

CURRO, T.G. *et al.* Xylazine–midazolam–ketamine versus medetomidine–midazolam–ketamine anesthesia in captive Siberian tigers (*Panthera tigris altaica*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 35, n 3, p. 320-327, 2004.

DEEM, S.L. Capture and immobilization of Free-living Jaguars (*Panthera onca*). In: HEARD D. (Ed.), *Zoological Restraint And Anesthesia*. International Veterinary Information Service, New York, USA. n. B0183.1204, p. 1-13, 2004.

DESMARCHELIER, M. *et al.* Esophageal Stricture in a Cougar (*Puma concolor*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 40, n. 2, p. 328-331, 2009.

EPSTEIN, A. *et al.* Effects of propofol as an anaesthetic agent in adult lions (*Panthera leo*): a comparison with two established protocols. *Research in Veterinary Science*, v. 72, n. 2, p. 137-140, 2002.

FAHLMAN, A. *et al.* Reversible anaesthesia of free-ranging lions (*Panthera leo*) in Zimbabwe. *Journal of the South African Veterinary Association*, v. 76, n. 4, p.187–192, 2005.

FANTONI D.T.; CORTOPASSI S.R.G. Medicação pré-anestésica. *Anestesia em cães e gatos*. São Paulo: Roca, p.151-158, 2002.

FIORELLO, C.V. *et al.* Diagnosis and treatment of presumptive postobstructive pulmonary edema in a Florida panther (*Puma concolor coryi*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 38, n. 2, p. 317-322, 2007.

FISH, C. *Eletrocardiography of arrhythmias*. Philadelphia: LEA & FEBIGER, 1990.

FREITAS, C.I.A. *Animais Silvestres: Manejo, Comportamento e Noções de Clínica e Terapêutica*. Mossoró: UFERSA, 2011.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



GRASSMAN, L.I. *et al.* Comparative immobilization of wild felids in Thailand. *Journal of Wildlife Diseases*, v. 40, n.3, p. 575–578, 2004.

GRIMM, K. A. *et al.* *Anestesiologia e Analgesia em Veterinária*. 5. ed (revisão técnica). Rio de Janeiro, p. 630-712, Roca, 2017.

GOODRICH, J.M. *et al.* Capture and Chemical Anesthesia of Amur (Siberian) Tigers. *Wildlife Society Bulletin*, v.29, n. 2, p. 533-542, 2001.

GOODWIN, J.K. Eletrocardiografia. In: TILLEY, L.P.; GOODWIN, J.K. (Eds.). *Manual de cardiologia para cães e gatos*. São Paulo: Roca, p.39-65, 2002.

GUNKEL, C.; LAFORTUNE, M. Mammal Anesthesia: Felids. In: WEST, G.; HEARD, D.; CAULKETT, N. *Zoo animal & wildlife: Immobilization and anesthesia*. Blackwell Publishing. p. 443-457, 2007.

KO, J.C, AUSTIN, B.R, BARLETTA, M. *et al.* Evaluation of dexmedetomidine and ketamine in combination with various opioids as injectable anesthetic combinations for castration in cats. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 239, p.1453-1462, 2011.

KOLATA, R.J. Laparoscopic ovariohysterectomy and hysterectomy on African lions (*Panthera leo*) using the Ultracision Harmonic Scalpel. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 33, n.3, p. 280-282, 2002.

LAMONT, L.A.; Mathews, K.A. Opioids, Nonsteroidal Anti-inflammatorys, and Analgesic Adjuvants. In: TRANQUILLI, W.J. *et al.* LUMB & JONES. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 4 ed. Ames: Blackwell Publishing. p. 241-271, 2007.

LEMKE, K. A. Anticholinergics and sedatives. In: TRANQUILLI, W.J. ET AL. LUMB & JONES. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 4 ed. Ames: Blackwell Publishing. p. 203-239, 2007.

LI, H.C. Dissociative anesthetics. In: Tranquilli, W.J. *et al.* LUMB & JONES *Veterinary Anesthesia and Analgesia*. 4 ed. Ames: Blackwell Publishing. p. 301-353, 2007.

LOGAN, K.A. *et al.* Immobilizing wild mountain lions (*Felis concolor*) with ketamine hydrochloride and xylazine hydrochloride. *Journal of Wildlife Diseases*, v. 22, n.1, p. 97-103, 1986.

MASSONE, F. *Anestesiologia Veterinária: Farmacologia e Técnicas*. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 2003.

MCKINNEY, T. *et al.* Rates of survival and sources of mortality of cougars in hunted populations in North-central Arizona. *The Southwestern Naturalist*, v. 54, n. 2, p. 151-155, 2009.

MILLER, M. *et al.* Anesthetic induction of captive tigers (*Panthera tigris*) using medetomidine- ketamine combinations. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 34, n. 3, p. 307-308, 2003.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



MUIR III W.W. *et al.* Fármacos específicos para anestesia intravenosa. In: Manual de Anestesia Veterinária. Porto Alegre: Artmed, p.31-44, 2001.

NAGORE, L. *et al.* Sedative effects of dexmedetomidine, dexmedetomidine–pethidine and dexmedetomidine–butorphanol in cats. *Journal of Veterinary Pharmacology Therapeutics*, v. 36, n. 3, p. 222–228, 2012.

PAES, D.R.M. Considerações anestésicas em grandes felinos selvagens. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1sYoB8s-LbnSUVqShvT4lmBZb9eTu6dqi/view?usp=drive_link Acesso em: 18 maio 2025.

PYPENDOP, B.H. *et al.* Hemodynamic effects of dexmedetomidine in isoflurane-anesthetized cats. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 38, n.6, p. 555–567, 2011.

ROCKHILL, A.P. *et al.* A comparison of two field chemical immobilization techniques for bobcats (*Lynx rufus*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 42, n.4, p. 580-585, 2011.

SCHARLING, F.S. *et al.* Short QT intervals in African lions. *Experimental Physiology*, v. 109, n. 1, p. 1–12, 2024.

SCHRADER, G.M. *et al.* Conservative management of pyothorax in an Amur tiger (*Panthera tigris altaica*). *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 43, n. 2, p. 425-429, 2012.

SELMÍ, A.L. *et al.* Evaluation of the sedative and cardiorespiratory effects of dexmedetomidine, dexmedetomidine-butorphanol, and dexmedetomidine-ketamine in cats. *Journal American Veterinary Medical Association*, v. 222, n. 1, p. 37-41, 2003.

SHINDLE, D.B.; TEWES, M.E. Immobilization of wild ocelots with tiletamine and zolazepam in Southern Texas. *Journal of Wildlife Diseases*, v. 36, n. 3, p. 546–550, 2000.

SPINOSA, H.S. *et al.* Farmacologia aplicada a medicina veterinária. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.165-178, 1999.

SONTAKKE, S.D. *et al.* Yohimbine antagonizes the anesthetic effects of ketaminexylazine in captive Indian wild felids. *Veterinary Anesthesia and Analgesia*, v. 36, n.1, p. 34–41, 2009.

TELESCO, R.L.; SOVADA, M.A. Immobilization of swift foxes with ketamine hydrochloride xylazine hydrochloride. *Journal of Wildlife Diseases*, v. 38, p. 764-768, 2002. TILLEY, L.P.; GOODWIN, J. K. Manual de cardiologia para cães e gatos. 3. ed. São Paulo: Roca, 2002.

WAELEBERS, T. *et al.* Inhalation anesthesia with isoflurane in a black jaguar (*Panthera onca*) for surgical repair of a fractured mandible. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, v. 76, n. 2, p. 138-145, 2007.

WENGER, S. *et al.* Evaluation of butorphanol, medetomidine and midazolam as a reversible narcotic combination in free-ranging African lions (*Panthera leo*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 37, n. 6, p. 491–500, 2010.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



WILDT, D.E. *et al.* Reproduction in cats. In: KNOBIL, E.; NEILL, J. (eds.), Encyclopedia of Reproduction. New York: Academic Press, Inc. p. 497–510, 1998.



Leishmaniose visceral canina: Revisão de Literatura

Alania Frank Mendonça¹; Isabela Resende Ávila²; Jaqueline Diniz Pinho^{3,4}; Juliana Maria Trindade Bezerra^{5,6,7}

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

²Programa de Pós-Graduação em Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

³Docente do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Campus Zé Doca, Universidade Estadual do Maranhão, Zé Doca, MA, Brasil.

⁴Docente do Programa de Pós-Graduação em Saúde da Família (PROFSAÚDE), Universidade Estadual do Maranhão, Centro de Estudos Superiores de Caxias – CESC, Praça Duque de Caxias, s/n, 65.604-380, Caxias, MA, Brasil.

⁵Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

⁶Docente do Programa de Pós-Graduação em Parasitologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.

⁷Docente do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Campus Lago da Pedra, Universidade Estadual do Maranhão, Lago da Pedra, MA, Brasil.

RESUMO

A leishmaniose visceral canina (LVC) é uma zoonose de grande impacto na saúde pública e veterinária causada por protozoários do gênero *Leishmania*. O Brasil concentra as maiores notificações da leishmaniose visceral (LV), com registros da LVC em todas as regiões do país. No Brasil, a LVC é predominantemente causada pelo protozoário *L. infantum* (*Leishmania chagasi*), sendo transmitida principalmente pela picada de flebotomíneos infectados pelo parasito, destacando-se as espécies *Lutzomyia longipalpis* e *Lutzomyia Cruzi*. A patogenia da LVC é influenciada por fatores genéticos e imunológicos do hospedeiro infectado, que determinam a evolução da infecção, a gravidade e o prognóstico da doença. No organismo do cão, a *Leishmania* interage com o sistema imunológico do animal, levando a manifestações clínicas variáveis, desde sintomas leves até manifestações graves e fatais. O diagnóstico precoce ainda é um grande desafio para os órgãos de saúde, sendo os métodos mais utilizados os exames clínicos, sorológicos, parasitológicos e moleculares. O tratamento da LVC é complexo e envolve o uso de medicamentos que possuem a capacidade de reduzir a carga parasitária, não havendo até o momento terapia medicamentosa capaz de curar completamente a infecção. A profilaxia da LVC busca prevenir a disseminação do protozoário, destacando-se medidas preventivas como o controle do vetor, a proteção individual dos animais e o manejo adequado de cães infectados. No Brasil a eutanásia de animais soropositivos é preconizada pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) como medida para reduzir o risco de transmissão do parasito aos humanos e a outros cães.

Palavras-chave: Cão doméstico, *Leishmania*, Saúde pública.



INTRODUÇÃO

A leishmaniose visceral canina (LVC), conhecida popularmente como calazar, é uma zoonose causada por protozoários do gênero *Leishmania* (Ross, 1903), pertencentes à família Trypanosomatidae. A doença acomete cães domésticos [*Canis familiaris* (Linnaeus, 1758)] de todas as raças e idades (Brasil, 2014; OPAS, 2022).

A LVC tem grande impacto na saúde pública e veterinária, pois os casos de leishmaniose visceral humana (LVH) estão frequentemente associados à presença da doença em cães. Esses animais, além de desenvolverem a doença, são os principais reservatórios de *Leishmania* em áreas urbanas e periurbanas (Brasil, 2014; OPAS, 2022). Cabe ressaltar que tanto os cães assintomáticos quanto os sintomáticos possuem a mesma capacidade de transmitir o parasito ao vetor, atuando diretamente na manutenção da cadeia de transmissão da doença (García-Castro, 2022).

A LVC é transmitida principalmente pela picada de fêmeas de flebotomíneos infectadas pelo parasito (Quinnell; Courtenay, 2009). No Brasil, as espécies de flebotomíneos envolvidas na transmissão do protozoário são *Lutzomyia longipalpis* (Lutz & Neiva, 1912) e *Lutzomyia Cruzi* (Mangabeira, 1938), conhecidos popularmente como mosquito palha, asa-dura, tatuquiras, birigui, dentre outros (Brasil, 2022).

Nos cães, a leishmaniose geralmente refere-se a uma patologia sistêmica e de evolução crônica, podendo levar o animal a óbito em poucas semanas. No entanto, em alguns animais, a doença pode permanecer assintomática (Brasil, 2022).

O diagnóstico da LVC é realizado por meio de exames clínicos, sorológicos, parasitológicos e moleculares, que podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto. O tratamento, por sua vez, envolve a utilização de medicações antiparasitárias, controle dos sintomas e manejo veterinário especializado (Ibiapina *et al.*, 2022).

A prevenção da LVC envolve um conjunto de medidas, como o controle de vetores, o diagnóstico precoce, o manejo adequado dos cães infectados, a vacinação destes animais, e ações comunitárias de educação e sensibilização (Brasil, 2014).

Epidemiologia

Segundo dados da Organização Pan-Americana da Saúde, a leishmaniose visceral (LV) é endêmica em 80 países, sendo que o Brasil, Etiópia, Quênia e Sudão concentram 60% das notificações dessa patologia (OPAS, 2022). Nas Américas, a LV está presente em 13 países, e o Brasil foi responsável por 91% dos casos registrados no ano de 2023, com



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



notificações em várias regiões, especialmente nas regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste (Brasil, 2022; OPAS, 2024).

A distribuição geográfica da LVC no Brasil é influenciada por fatores ambientais, como temperatura, umidade e a presença do vetor (Abrantes *et al.*, 2018). A primeira descrição da infecção em cães no Brasil foi realizada por Evandro Chagas em 1938, durante investigações no país (Chagas *et al.*, 1938). Atualmente há registros da doença em cães em todas as regiões do Brasil (De Arruda *et al.*, 2019; Braz *et al.*, 2021; Luz *et al.*, 2021; Campolongo *et al.*, 2022; Pinto *et al.*, 2022).

Um inquérito sorológico realizado no município de Mãe D'Água, localizado no estado da Paraíba, região Nordeste do Brasil, analisou 150 amostras de soro canino, e os resultados revelaram que 19,3% (29/150) foram positivas no teste rápido (*Dual Path Platform* - DPP®), 41,3% (62/150) no teste sorológico imunoenzimático (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay* - ELISA-S7®), e 3,3% (5/150) na PCR em Tempo Real quantitativa (*quantitative Polymerase Chain Reaction* - qPCR). Considerando como critério de positividade os animais reagentes em pelo menos dois testes sorológicos ou apenas no qPCR, a prevalência de infecção por *Leishmania* foi de 18,6% (28/150) (Braz *et al.*, 2021).

Na região Centro-Oeste, estado do Mato Grosso, município de Rondonópolis, entre 2011 e 2016, 12.536 cães domésticos foram submetidos à triagem sorológica para infecção por *Leishmania*. Dentre os animais testados, 12.138 apresentaram resultados sorológicos conclusivos, com 40,0% (4.857 cães) considerados positivos para a infecção (Luz *et al.*, 2021).

No município de Belo Horizonte, estado de Minas Gerais, localizado na região Sudeste do Brasil, entre 2007 e 2012, 898.456 cães foram submetidos à triagem sorológica para infecção por *Leishmania*. Após a exclusão de 49.206 animais devido a inconsistências geográficas, 849.250 cães tiveram resultados sorológicos conclusivos. Desses, 37.364 cães foram considerados soropositivos, resultando em uma prevalência de 4,16% entre os animais testados. Durante o mesmo período, a prevalência da LVC variou entre 2,5% e 6,98% (De Arruda *et al.*, 2019).

Um levantamento sorológico realizado no município de Marabá, localizado no estado do Pará, região Norte do Brasil, testou um total de 400 amostras de sangue de cães domésticos para *Leishmania infantum*. A prevalência encontrada foi de 75,5% (302/400) no teste sorológico, 59,25% (237/400) no diagnóstico molecular e 45,5% (182/400) quando considerados ambos os testes (Campolongo *et al.*, 2022).

No Sul do Brasil, um estudo realizado nos municípios de Herval D'Oeste e Erval



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Velho, ambos localizados no estado de Santa Catarina, analisou uma amostra de 126 animais, identificou que 16,7% (21/126) apresentaram positividade no ELISA, 11,9% (15/126) na Imunofluorescência Indireta (IFA) ou Reação de Imunofluorescência Indireta (RIFI) e 7,1% (9/126) na Reação em Cadeia Polimerase (*Polymerase Chain Reaction* - PCR) (Pinto *et al.*, 2022).

Agente etiológico

A LVC é uma doença infectoparasitária causada predominantemente pelo protozoário *L. infantum* (*Leishmania chagasi*). Entretanto, há relatos na literatura científica de alguns casos esporádicos da LVC envolvendo a *Leishmania donovani*, especialmente em regiões endêmicas do Velho Mundo. No Brasil, um estudo identificou amostras de cães infectados como pertencentes ao complexo *L. donovani* (*L. infantum* e *L. donovani*). No entanto, até o momento, a infecção canina por *L. donovani* não possui relevância epidemiológica representativa (Shaw, 2006; Coiro *et al.*, 2017).

A *L. infantum* possui duas fases principais em seu ciclo biológico: a fase amastigota e a fase promastigota. A fase amastigota ocorre no hospedeiro vertebrado (humanos ou animais); o parasito apresenta uma forma arredondada ou oval, sem flagelo visível, mede aproximadamente 2 a 4 µm de diâmetro e localiza-se dentro dos macrófagos do hospedeiro, onde se multiplica por divisão binária (Araújo *et al.*, 2020; Costa *et al.*, 2023). Na fase promastigota ocorre no hospedeiro invertebrado (vetor); o parasito caracteriza-se por apresentar um corpo alongado, um flagelo longo, mede cerca de 15 a 20 µm de comprimento e se diferencia, tornando-se infectante para o próximo hospedeiro vertebrado (Sapatera *et al.*, 2022).

Transmissão da LVC

A principal via de transmissão da LVC é a vetorial, ou seja, ocorre por meio da picada do vetor, os flebotomíneos. No Brasil, existem duas espécies de flebotomíneos do gênero *Lutzomyia* que são responsáveis pela transmissão vetorial da LV, sendo as espécies *Lutzomyia longipalpis* e *Lutzomyia Cruzi* (Brasil, 2014; Salomón, 2015).

Os flebotomíneos da espécie *Lutzomyia longipalpis* são considerados os principais responsáveis pela transmissão da LV no Brasil. Entretanto, não podemos ignorar a importância epidemiológica do *Lutzomyia Cruzi* no ciclo de transmissão da doença, uma vez que estudos indicam sua participação na transmissão da LV (Missawa *et al.*, 2011; De Brito *et al.*, 2014; Ávila *et al.*, 2024).

A transmissão vetorial da LVC acontece quando os flebotomíneos, exclusivamente

as fêmeas, ao realizarem o repasto sanguíneo em cães ou outros animais infectados pelo protozoário *Leishmania*, ingerem o sangue contendo formas amastigotas do parasito (figura 1) (Borges *et al.*, 2021).

Dentro do organismo do flebotomíneo, os protozoários são internalizados pelos macrófagos do trato digestivo do inseto, diferenciam-se em formas promastigotas, proliferam-se e amadurecem. Posteriormente, são regurgitados durante a alimentação em um novo hospedeiro, transmitindo o parasito e dando continuidade ao ciclo de transmissão da doença (figura 1) (Liévin-Le Moal; Loiseau, 2016).

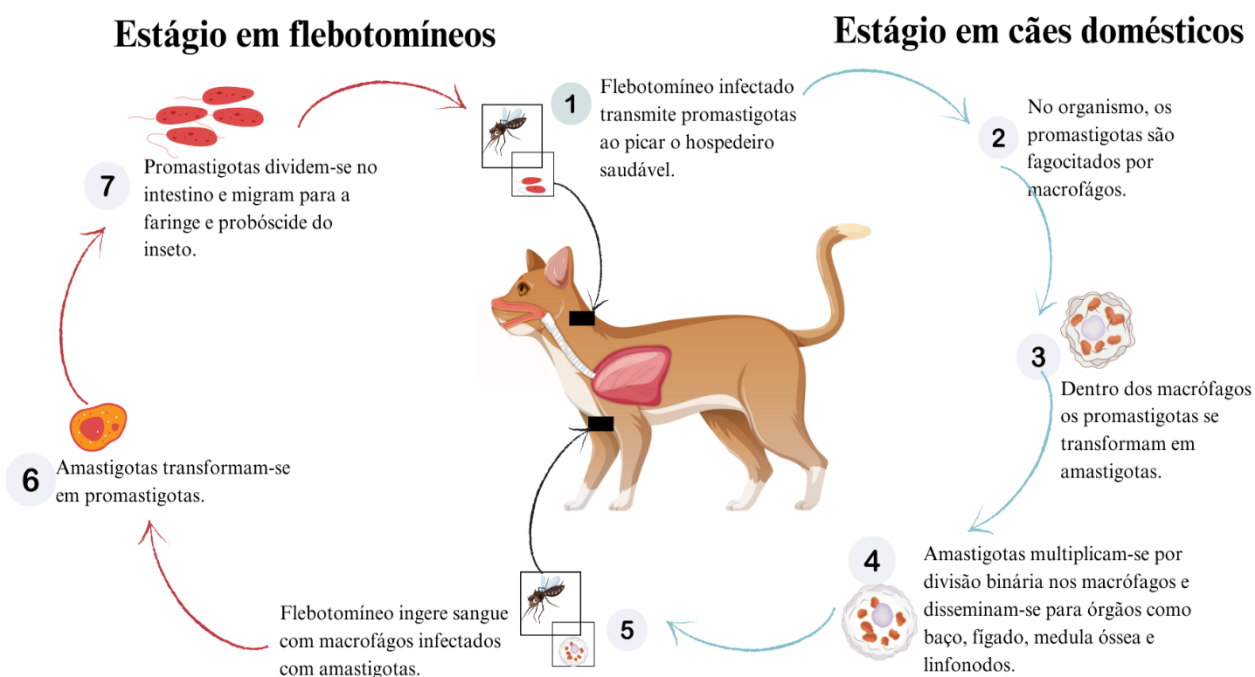


Figura 1 - Ciclo biológico da *Leishmania* spp. **Fonte:** Adaptado de Da Silva, 2002.

Além disso, destacam-se outras formas de transmissão da LVC, como a transmissão vertical, transmissão sexual e transfusão sanguínea. A transmissão vertical pode ocorrer quando uma cadela infectada transmite *Leishmania* para seus filhotes durante a gestação, por via transplacentária, ou durante o parto. Essa via de transmissão possui grande potencial de disseminação do parasito (Boggiatto *et al.*, 2011; Turchetti *et al.*, 2014).

A transmissão sexual ocorre quando cães saudáveis têm contato sexual com cães infectados, principalmente em situações onde há presença de lesões no órgão genital do animal (Quinnell; Courtenay, 2009). Enquanto isso, a transmissão por transfusão de sangue



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



ocorre quando um animal saudável recebe sangue de um cão infectado por *Leishmania* (Benites *et al.*, 2011).

Patogenia

A patogenia da LVC é influenciada por fatores genéticos e imunológicos do hospedeiro infectado, que determinam a evolução da infecção, a gravidade e o prognóstico da doença (Falcão *et al.*, 2016).

O ciclo inicia-se com a inoculação da *L. infantum* na forma promastigota na pele do hospedeiro pelo vetor. Uma vez no organismo, esse parasito é fagocitado por células do sistema imunológico (macrófagos) e, dentro dessas células, converte-se na forma amastigota, forma intracelular responsável pela transmissão da infecção (Gharbi *et al.*, 2015).

Dentro dos macrófagos, o parasito utiliza mecanismos de evasão imunológica, como a modulação da resposta imunológica do hospedeiro por meio da inibição da produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e nitrogênio (RNS), que são cruciais para a destruição de patógenos. Esse mecanismo permite a sua sobrevivência e multiplicação dentro das células (Saridomichelakis, 2010; Khan, Andrews, Mittra, 2018).

A resposta imunológica do cão à infecção por *L. infantum* envolve dois componentes principais: a imunidade inata e a imunidade adaptativa. A imunidade inata é a primeira linha de defesa do animal, em que o sistema do complemento é ativado logo após a inoculação do parasito na derme, sendo capaz de eliminar mais de 90% dos parasitos em poucos minutos. Entretanto, a *Leishmania* utiliza mecanismos de evasão imunológica que impedem a sua destruição completa (Papadogiannakis; Koutinas, 2015).

Posteriormente, a resposta imunológica adaptativa do animal é ativada, com a interação de dois perfis imunológicos principais: a imunidade celular (T helper - Th1) e a humoral (T helper - Th2) (Saporito, 2013).

A resposta Th1 caracteriza-se pela produção de citocinas, como Interferon-gamma (IFN- γ), que são sinalizadoras responsáveis pela ativação dos macrófagos e a eliminação do parasito. Essa resposta é comum em cães assintomáticos, nos quais o sistema imunológico consegue controlar a carga parasitária, resultando em poucos ou nenhum sinal clínico da infecção. Já a resposta Th2, associada à produção de citocinas como Interleucina 4 (IL-4) e Interleucina 10 (IL-10), inibe a ativação dos macrófagos, facilitando a evolução da doença. Essa resposta é comum em cães sintomáticos, nos quais a doença progride com maior gravidade (Saporito, 2013; Toepp; Petersen, 2020; Blaine; Benjamin, 2023).



Aspectos clínicos

No organismo do hospedeiro vertebrado (cão), a *Leishmania* interage com o sistema imunológico do animal, levando a manifestações clínicas variáveis, desde sintomas leves até manifestações graves e fatais, que se dividem em quatro fases: aguda, subaguda, crônica e regressiva (Brasil, 2014).

A fase aguda caracteriza-se pela ativação inicial do sistema imunológico inato do hospedeiro. Clinicamente, nessa fase o animal costuma não apresentar sinais evidentes da doença (Martinez-Subiela *et al.*, 2011).

A fase subaguda caracteriza-se pela disseminação do parasito para órgãos ricos em macrófagos, como baço, fígado, medula óssea e linfonodos, ocasionando o aumento gradual da carga parasitária nos tecidos. Consequentemente, podem surgir algumas manifestações clínicas leves, como linfadenomegalia discreta, letargia e perda de peso moderada (Silva; Monteiro; Silva, 2019).

A fase crônica é o estágio mais grave da infecção, devido à alta carga parasitária no organismo do hospedeiro e ao comprometimento de funções vitais do animal, estando associada à elevada mortalidade em cães não tratados adequadamente (Figueiredo *et al.*, 2014). Essa fase é marcada por manifestações sistêmicas evidentes, como caquexia, anemia, hemorragias, insuficiência renal, desordens imunológicas graves, lesões cutâneas (alopecia, descamação e úlceras), linfadenomegalia generalizada, lesões oculares (uveíte, conjuntivite), sinais musculoesqueléticos (claudicação, dor articular), hepatomegalia, esplenomegalia e, em alguns casos, alterações cardíacas e neurológicas (De Freitas *et al.*, 2022).

A depender dos sinais clínicos apresentados, os cães infectados por *Leishmania* podem ser classificados clinicamente em três grupos: assintomáticos, oligossintomáticos e sintomáticos (Moustapha *et al.*, 2021).

Os cães assintomáticos que apesar de serem diagnosticados com a infecção, não apresentam os sinais clínicos sugestivos da doença. Os oligossintomáticos, são caracterizados por apresentarem sintomas como adenopatia linfóide, discreta perda de peso e pelos opacos. Enquanto os cães sintomáticos são aqueles que apresentam todos ou alguns sinais clínicos sugestivos da doença (Brasil, 2014).

A fase regressiva, é caracterizada pela diminuição ou remissão dos sinais clínicos da LVC, estando associada a uma resposta imune do perfil Th1, podendo ocorrer espontaneamente ou em virtude da utilização de intervenções terapêuticas eficazes. Entretanto, apesar da regressão da doença, o parasito não é completamente eliminado do



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



organismo do animal, o que pode resultar em recidiva clínica e representa um risco epidemiológico (Brasil, 2014; Brasil, 2015; Toepp; Petersen, 2020).

Diagnóstico

Apesar de atualmente existirem diversas técnicas para diagnóstico de casos de LVC, o diagnóstico precoce ainda é um grande desafio para os órgãos de saúde, devido à grande quantidade de cães assintomáticos. Dentre os métodos diagnósticos, destacam-se os exames clínicos, sorológicos, parasitológicos e moleculares, que são frequentemente utilizados em conjunto para aumentar a precisão do diagnóstico (Souza Filho; Mol; Medeiros, 2024).

Entre os testes diagnósticos disponíveis para a LVC, podemos destacar principalmente o exame parasitológico direto, o ELISA, a RIFI ou IFA e a PCR, sendo esses validados em áreas endêmicas e recomendados pelo Ministério da Saúde do Brasil (Brasil, 2014; Sundar; Singh, 2018).

O exame parasitológico direto (microscopia) é uma das principais técnicas utilizadas para o diagnóstico da LVC, sendo realizado a partir de amostras teciduais aspiradas e/ou punção de tecidos que são mais propensos à infecção do parasito, como medula óssea, linfonodos e baço. Portanto, é considerado o "padrão-ouro" para o diagnóstico dessa parasitose, pois permite visualizar os parasitos aspirados dos órgãos por meio do microscópio óptico (Brasil, 2014; Batista; Motta; Ebert, 2021).

O ELISA é um método de diagnóstico utilizado para identificar diversas patologias, dentre elas a LVC, podendo ser direto ou indireto. O teste ELISA direto realiza a busca por antígenos por meio da utilização de anticorpos anti-*Leishmania* em amostras coletadas, enquanto o ELISA indireto utiliza antígenos específicos da *Leishmania*, sendo o mais utilizado pelos laboratórios (Faria *et al.*, 2017).

A RIFI ou IFA é um teste sorológico muito utilizado em conjunto com o ELISA para maior confiabilidade no diagnóstico. Esse método é realizado por meio da diluição do soro do animal em solução salina, buscando a titulação máxima possível à visualização de fluorescência na lâmina (De Queiroz *et al.*, 2010).

A PCR consiste em um método de diagnóstico molecular utilizado para identificar diversas infecções, inclusive por *Leishmania*. Dessa forma, a PCR busca moléculas de DNA do parasito no tecido do animal por meio da amplificação do DNA do parasito, sendo capaz de detectar infecções em estágios iniciais (Leite *et al.*, 2010).



Tratamento

O tratamento da LVC é complexo e envolve o uso de medicamentos que possuem a capacidade de reduzir a carga parasitária no organismo do animal, aliviando os sintomas da doença. Contudo, até o momento, não existe uma terapia medicamentosa capaz de curar completamente a infecção, e mesmo cães tratados podem apresentar reincidência da doença (Ramos *et al.*, 2023).

No Brasil, o tratamento da LVC não é disponibilizado gratuitamente pelo Sistema Único de Saúde (SUS), pois mesmo tratados e sem sinais clínicos, os cães continuam sendo reservatórios da doença. No entanto, clínicas veterinárias privadas oferecem o tratamento, permitindo que os tutores dos animais possam custeá-lo (Brasil, 2015).

O medicamento aprovado para o tratamento da LVC no Brasil é a miltefosina, que se destaca por sua capacidade de reduzir a carga parasitária e promover a remissão temporária dos sinais clínicos. Contudo, não previne a recidiva da doença no cão infectado (Ramos *et al.*, 2023). A miltefosina é considerada o primeiro tratamento oral definitivo para a LVC e atua como um composto alquilfosfolipídico, substituindo o estibogluconato de sódio, até então utilizado como linha terapêutica para o tratamento da doença (Bari, 2017).

A resistência da *Leishmania* às drogas utilizadas tem sido um grande desafio no tratamento da doença, tornando necessária a utilização de medicamentos adjuvantes, que também têm a capacidade de melhorar o quadro clínico de cães infectados (Ponte-Sucre *et al.*, 2017).

Profilaxia/control (vacinas)

A profilaxia da LVC busca prevenir a disseminação de *L. infantum*, destacando-se medidas preventivas como o controle do vetor, a proteção individual dos animais e o manejo adequado de cães infectados (Reguera *et al.*, 2016; Miró *et al.*, 2017).

Em virtude de a transmissão vetorial ser responsável pela maioria dos casos de LVC, o controle do vetor é essencial. A implementação de medidas como o uso de coleiras impregnadas com deltametrina 4%, inseticidas tópicos à base de permetrina, além do uso de telas de malha fina nos canis, e a manutenção de locais limpos, eliminando possíveis focos de reprodução dos flebotomíneos são estratégias eficazes na prevenção da LVC (Otranto; Dantas-Torres, 2013).

Além disso, a vacinação é uma das principais medidas de prevenção contra a doença, embora não garanta imunidade completa. As vacinas comercializadas possuem a capacidade



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



de estimular o sistema imunológico dos cães para prevenir a infecção ou reduzir a severidade da doença (Velez; Gállego, 2020).

No Brasil, a primeira vacina comercializada para a prevenção da LVC foi a Leishmune® (Zoetis, Brasil), que estava disponível comercialmente para cães de áreas endêmicas até setembro de 2014 (Sevá *et al.*, 2016; Giunchetti *et al.*, 2019). Atualmente, apenas uma vacina é registrada no país, a Leish-Tec, fabricada pela Ceva Saúde Animal. No entanto, em 2023 o Ministério da Agricultura e Pecuária do Brasil (MAPA) suspendeu a fabricação e comercialização da vacina devido a desvios de conformidade que poderiam comprometer a eficácia do imunizante. Cabe ressaltar que nenhum dos imunizantes citados anteriormente foram disponibilizados gratuitamente pelo SUS (Brasil, 2023).

Ainda, no Brasil o manual de controle da LVC recomenda que a vigilância epidemiológica, realizada por meio de inquéritos sorológicos da população canina e a retirada de cães soropositivos, é uma das medidas essenciais para o controle da doença (Brasil, 2014). A detecção precoce da doença e o manejo adequado de cães infectados são fundamentais para evitar a disseminação do parasito, contribuindo para a redução da incidência da doença em cães e seres humanos (Silva *et al.*, 2021).

A eliminação de cães soropositivos é um método de prevenção preconizado pelo Ministério da Saúde do Brasil, sendo realizado exclusivamente no país. Esse procedimento visa reduzir o risco de transmissão do parasito aos humanos e a outros cães (Brasil, 2014).

Além disso, destaca-se a importância do controle de cães errantes como medida preventiva contra a LVC e outras infecções. Esses animais são importantes reservatórios da *Leishmania*, pois não possuem assistência veterinária adequada e estão expostos a fontes de infecção de diversas patologias (Schwanke *et al.*, 2014; Muller *et al.*, 2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A LVC é um importante problema de saúde pública em diversos países do mundo, em especial no Brasil, estando intimamente associada aos casos de LVH. A predominância de casos da doença causados pela espécie *L. infantum* e transmitidos em sua maioria por flebotomíneos da espécie *L. longipalpis*, reforça a necessidade da vigilância contínua e do controle do vetor. Apesar dos avanços no manejo clínico, até o momento, não há terapia medicamentosa capaz de curar a doença nos cães, embora os medicamentos disponíveis sejam capazes de diminuir a carga parasitária e reduzir os sinais clínicos. Assim, faz-se necessário a implementação de estratégias preventivas, como a vacinação e o monitoramento sorológico de cães domésticos e errantes, visando reduzir a disseminação da doença.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (Código financiamento 001) e pela concessão da bolsa de mestrado a Alania Frank Mendonça.

REFERÊNCIAS

ABRANTES, T.R. *et al.* Fatores ambientais associados à leishmaniose visceral canina em uma área com introdução recente da doença no estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 34, n.1, 2018.

ARAÚJO, T.F. *et al.* Phenotype evaluation of human and canine isolates of *Leishmania infantum*. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v. 73, p. 101551, 2020.

ÁVILA, I.R. *et al.* Aspectos clínico-epidemiológicos e fatores prognósticos associados ao óbito por leishmaniose visceral entre os anos de 2010 a 2019 na região Centro-Oeste do Brasil. **Parasitology International**, v. 98, p. 102824, 2024.

BARI, A. *et al.* Miltefosine: a breakthrough in treatment of leishmaniasis. **Journal of Pakistan Association of Dermatology**, v. 16, n. 4, p. 225–230, 2017.

BATISTA, K.; MOTTA, L.M.; EBERT, K.G. Diagnóstico imunológico e molecular da Leishmaniose Visceral Canina: Revisão. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 15, n. 08, 2021.

BENITES, A.P. *et al.* Presença de formas amastigotas de *Leishmania chagasi* e perfil leucocitário no aparelho reprodutivo de cães. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 1, p. 79-84, 2011.

BLAINE, A.M; BENJAMIN, T.B. Revisão da apresentação clínica, patologia, diagnóstico e tratamento da leishmaniose, **Medicina Laboratorial**, v. 54, n. 4, p. 363–371, 2023.

BOGGIATTO, P.M. *et al.* Transplacental transmission of *Leishmania infantum* as a means for continued disease incidence in North America. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 5, n.4, e1019, 2011.

BORGES, L.M. *et al.* Canine Visceral Leishmaniasis in an Area of Sporadic Transmission in Brazil. **Vector Borne Zoonotic Diseases**, v. 21, n. 7, p. 539-545, 2021.

BRASIL. **Guia de orientação para vigilância de leishmaniose visceral canina (LVC)**. Santa Catarina. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Mapa suspende fabricação e venda e determinação do recolhimento de lotes de vacina contra Leishmaniose**. 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mapa-suspende-fabricacao-e-venda-e-determina-o-recolhimento-de-lotes-de-vacina-contra-leishmaniose-apos-fiscalizacao>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Leishmaniose visceral**. 2022.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/l/leishmaniose-visceral>>. Acesso em 04 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral**. 1. ed., 5. reimpr. – Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_vigilancia_controle_leishmaniose_viscer_1edicao.pdf>. Acesso em: 26 out. 2025.

BRAZ B.M.A. *et al.* Factors associated with *Leishmania* infection in dogs and geospatial analysis in the Sertão of Paraíba, Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 30, n. 2, 2021.

CAMPOLONGO, C. *et al.* Prevalence of *Leishmania infantum* in dogs from deforested areas of the Amazon biome. **Vector Borne Zoonotic Diseases**, v. 22, n. 2, p. 108-113, 2022.

CHAGAS, E. *et al.* Leishmaniose visceral americana: Relatório dos trabalhos realizados pela comissão encarregada do estudo da Leishmaniose Visceral Americana em 1937. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 33, n. 1, p. 1-10, 1938.

COIRO, C.J. *et al.* Molecular characterization of *Leishmania* spp. isolated from Brazilian stray dogs from an endemic area for canine visceral leishmaniasis. **Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports**, v. 7, p. 9-13, 2017.

COSTA, C.H.N. *et al.* From Infection to Death: An Overview of the Pathogenesis of Visceral Leishmaniasis. **Pathogens**, v. 12, n. 7, pág. 969, 2023.

DA SILVA, A.J. Ciclo de vida de *Leishmania* spp. Ilustração. **Biblioteca de Imagens de Saúde Pública (PHIL)**, 2002. Disponível em: <https://phil.cdc.gov/details.aspx?pid>. Acesso em: 04 dez. 2024.

DE ARRUDA, R.M.F. *et al.* Space-time analysis of the incidence of human visceral leishmaniasis (VL) and prevalence of canine VL in a municipality of southeastern Brazil: Identification of priority areas for surveillance and control. **Acta Tropica**, v. 197, p. 105052, 2019.

DE BRITO, V.N. *et al.* Phlebotomine fauna, natural infection rate and feeding habits of *Lutzomyia cruzi* in Jaciara, state of Mato Grosso, Brazil. **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 109, n. 7, p. 899–904, 2014.

DE FREITAS, A. *et al.* Leishmaniose visceral canina: Revisão. **Pubvet Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.16, n.10, a1245, p.1-20, 2022

DE QUEIROZ, N.M. *et al.* Diagnóstico da Leishmaniose Visceral Canina pelas técnicas de imunoistoquímica e PCR em tecidos cutâneos em associação com a RIFI e ELISA-teste. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 19, n. 1, p. 34-40, 2010.

FALCÃO, S.de A. *et al.* *Leishmania infantum* and *Leishmania braziliensis*: Differences and Similarities to Evade the Innate Immune System. **Frontiers in Immunology**, v.7, p. 287, 2016.

FARIA, A.R. *et al.* Canine visceral leishmaniasis follow-up: a new anti-IgG serological test more sensitive than ITS-1 conventional PCR. **Veterinary Parasitology**, 248, p. 62-67, 2017.



FIGUEIREDO, M.J. de F.M. de *et al.* Fatores de risco e classificação clínica associados à soropositividade para leishmaniose visceral canina. **Ciência Animal Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 102–106, 2014.

GARCÍA-CASTRO, A. *et al.* Humoral and Cellular Immune Response in Asymptomatic Dogs with Visceral Leishmaniasis: A Review. **Vaccines** v. 10, n. 6, p. 947, 2022.

GHARBI, M. *et al.* Leishmaniosis (*Leishmania infantum* infection) in dogs. **Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)**, v. 34, n. 2, p. 613–626, 2015.

GIUNCHETTI, R.C. *et al.* Canine visceral leishmaniasis biomarkers and their employment in vaccines. **Veterinary Parasitology**, v. 271, p. 87-97.

IBIAPINA, A.B. *et al.* Evidence map of diagnosis, treatment, prognosis, prevention, and control in visceral leishmaniasis. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 46:e89, 2022.

KHAN, Y.A.; ANDREWS, N.W.; MITTRA, B.R.O.S regulate differentiation of visceralizing *Leishmania* species into the virulent amastigote form. **Parasitology Open**, v. 4:e19, 2018.

LEITE, R.S. *et al.* PCR diagnosis of visceral leishmaniasis in asymptomatic dogs using conjunctival swab samples. **Veterinary Parasitology**, v. 170, ed. 3-4, p. 201-6, 2010.

LIÉVIN-LE MOAL, V.; LOISEAU, P.M. Leishmania hijacking of the macrophage intracellular compartments. **FEBS Journal**, v. 283, n. 4, p. 598–607, 2016.

LUZ, J.G.G. *et al.* Passive case detection for canine visceral leishmaniasis control in urban Brazil: Determinants of population uptake. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 10, p. e0009818, 2021.

MANGABEIRA FILHO, O. Sobre duas novas espécies de *Flebotomus* (Diptera: Psychodidae). **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 33, n. 3, p. 349–356, 1938.

MARTINEZ-SUBIELA, S. *et al.* Acute phase protein response in experimental canine leishmaniasis. **Veterinary Parasitology**, v. 180, n. 3-4, p. 197–202, 2011.

MIRÓ, G. *et al.* Novel Areas for Prevention and Control of Canine Leishmaniosis. **Trends in Parasitology**, v. 33, n. 9, 2017.

MISSAWA, N.A. *et al.* Evidência de transmissão de leishmaniose visceral por *Lutzomyia cruzi* no município de Jaciara, Estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, n. 1, 2011.

MOUSTAPHA, N.A. *et al.* Abordagem da leishmaniose visceral canina (LVC) por médicos veterinários. **Veterinária e Zootecnia**, v. 28, p. 001-012, 2021.

MULLER, A. *et al.* Leishmania infantum infection serosurveillance in stray dogs inhabiting the Madrid community: 2007–2018. **Parasites & Vectors**, v. 15, n. 1, p. 96, 2022.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). **Leishmaniose**. 2022. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/topicos/leishmaniose>>. Acesso em: 24 out. 2024.

Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). **Leishmanioses: informe epidemiológico da Região das Américas**. Nº 13, dezembro de 2024. Washington, D.C, 2024. Disponível em: <[hps://iris.paho.org/handle/10665.2/51742](https://iris.paho.org/handle/10665.2/51742)>. Acesso em: 18 dez. 2024.

OTRANTO, D.; DANTAS-TORRES, F. The prevention of canine leishmaniasis and its impact on public health. **Trends in Parasitology**, v. 29, n. 7, p. 339-45, 2013.

PAPADOGIANNAKIS, E.I.; KOUTINAS, A.F. Cutaneous immune mechanisms in canine leishmaniosis due to *Leishmania infantum*. **Veterinary Immunology and Immunopathology** v. 163, n.3-4, p. 94–102, 2015.

PINTO, A.O. *et al.* Primeiro caso de leishmaniose visceral canina no centro-oeste do estado de Santa Catarina, Brasil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 82, 2022.

PONTE-SUCRE, A. *et al.* Drug resistance and treatment failure in leishmaniasis: A 21st century challenge. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 11, n. 12: e0006052, 2017.

QUINNELL, R.J.; COURTENAY, O. Transmission, reservoir hosts and control of zoonotic visceral leishmaniasis. **Parasitology**, v. 136, n. 14, p. 1915-34, 2009.

RAMOS, R.A.N. *et al.* Effective immuno-therapeutic treatment of Canine Leishmaniasis. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 17, n. 5, e0011360, 2023.

REGUERA, R.M. *et al.* Current status on prevention and treatment of canine leishmaniasis. **Veterinary Parasitology**, v. 227, p. 98–114, 2016.

SALOMÓN O.D. *et al.* *Lutzomyia longipalpis* urbanisation and control. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 110, p. 831-46, 2015.

SANTOS, E.W. *et al.* Abordagem da leishmaniose visceral canina (LVC) por médicos veterinários. **Veterinária e Zootecnia**, v. 28, p. 1–12, 2021.

SAPATERA, N. de S. *et al.* Leishmaniose visceral em canídeos silvestres – revisão de literatura. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 4, p. e30211427303, 2022.

SAPORITO, L. *et al.* Visceral leishmaniasis: host-parasite interactions and clinical presentation in the immunocompetent and in the immunocompromised host. **International journal of infectious diseases: IJID: official publication of the International Society for Infectious Diseases**, v. 17, n. 8, p. e572–e576, 2013.

SARIDOMICHELAKIS, M.N. Advances in the pathogenesis of canine leishmaniosis: epidemiologic and diagnostic implications. **Veterinary Dermatology**, v. 20, n. 5-6, p. 471–489, 2009.

SCHWANKE, K. *et al.* Molecular diagnosis and frequency of anti-*Leishmania infantum chagasi* antibodies in dogs in Belém, Pará, Brazil. **Brazilian Journal of Veterinary Research**, v. 34, n. 3, p. 250–260, 2014.

SEVÁ, A.P. *et al.* Canine-Based Strategies for Prevention and Control of Visceral



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Leishmaniasis in Brazil. **PloS One**, v. 11, n. 7:e0160058, 2016.

SHAW, J.J. Mais reflexões sobre o uso do nome *Leishmania (Leishmania) infantum chagasi* para o agente etiológico da leishmaniose visceral americana. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 101, p. 577-579, 2006.

SOUZA FILHO, J.A.; MOL M.P.G.; MEDEIROS F.A.C. An algorithm for visceral leishmaniasis diagnosis in Brazil from a 10-year analysis of National Reference Laboratory data. **Parasitology Research**, v. 123, n. 1, p. 87, 2024.

SILVA, J.M. DA C.; MONTEIRO, C.L.B.; SILVA, M.C.E. Aspectos clínicos, laboratoriais e ultrassonográficos de cães naturalmente infectados com *Leishmania* spp. **Ciência Animal**, v. 29, n. 4, p. 84–100, 2019.

SILVA, D.A.D. *et al.* Epidemiology of canine visceral leishmaniasis in a vulnerable region in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 30, n. 3, e009921, 2021.

SUNDAR, S.; SINGH, B. Emerging therapeutic targets for treatment of leishmaniasis. **Expert Opinion on Therapeutic Targets**, v. 22, n. 6, p. 467-486, 2018.

TOEPP, A.J. ; PETERSEN, C.A. The balancing act: Immunology of leishmaniosis. **Research in veterinary science**, v. 130, p. 19–25, 2020.

TURCHETTI, A.P. *et al.* Transmissão sexual e vertical da leishmaniose visceral. **O Jornal de Infecção em Países em Desenvolvimento**, v. 04, p. 403–407, 2014.

VELEZ, R.; GÁLLEGO, M. Commercially approved vaccines for canine leishmaniosis: a review of available data on their safety and efficacy. **Tropical Medicine & International Health: TM & IH**, v. 25, n. 5, 540–557, 2020.



Métodos de diagnóstico da leishmaniose visceral canina a partir da medula óssea: Revisão de Literatura

Rafael Jefferson dos Santos Costa¹; Naylla Raquel Costa Leite Campos¹; Ellainy Maria Conceição Silva¹; Alcina Vieira de Carvalho Neta²

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

² Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A leishmaniose visceral canina (LVC), causada por *Leishmania infantum*, é uma zoonose de grande relevância em saúde pública, na qual os cães domésticos atuam como principais reservatórios do parasita. O diagnóstico laboratorial é essencial para a confirmação da infecção e o controle da doença, sendo a medula óssea um dos tecidos preferenciais devido à sua alta sensibilidade, especialmente em infecções com baixa carga parasitária. Esta revisão aborda os principais métodos diagnósticos aplicados à medula óssea de cães, com destaque para a citologia aspirativa, a histopatologia, a imunohistoquímica e a reação em cadeia da polimerase (PCR). A citologia destaca-se por sua simplicidade e alta especificidade; a histopatologia fornece informações estruturais detalhadas; a imunohistoquímica alia elevada sensibilidade e especificidade, sendo útil em situações que exigem maior acurácia diagnóstica; e a PCR, especialmente na forma quantitativa (qPCR), permite a detecção precisa do DNA parasitário e o monitoramento da resposta terapêutica. A escolha do método mais adequado depende de fatores como infraestrutura disponível, estágio da doença e finalidade diagnóstica. A integração dessas abordagens pode otimizar o diagnóstico e fortalecer as estratégias de controle da LVC.

Palavras-Chave: *Leishmania infantum*, Medula óssea, Técnicas parasitológicas.

INTRODUÇÃO

A Leishmaniose Visceral (LV) é uma zoonose causada por protozoários do gênero *Leishmania*, com ampla distribuição global (Brasil, 2014). Anualmente, estima-se que 50 mil a 90 mil casos de Leishmaniose Visceral Humana (LVH) ocorram no mundo, mas apenas 25% a 45% são notificados à Organização Mundial da Saúde (Who, 2023), devido à subnotificação em países endêmicos, o que contribui para sua classificação como doença negligenciada (Castro *et al.*, 2016). Nas Américas, o Brasil concentra 97% dos casos de LVH na América Latina (OPAS, 2020). Em 2019, foram notificados 2.529 novos casos no país, com 49,1% na região Nordeste, sendo o Maranhão o estado com maior incidência em 2021 (Brasil, 2021).

A *Leishmania infantum* é o principal agente etiológico da leishmaniose visceral nas Américas, afetando tanto cães quanto humanos. Sua transmissão ocorre predominantemente



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



por fêmeas de flebotomíneos, sendo *Lutzomyia longipalpis* o principal vetor biológico (Dos Santos Nogueira *et al.*, 2019). Outras espécies do gênero *Lutzomyia*, como *L. cruzi*, também desempenham um papel relevante na disseminação do protozoário (Missawa *et al.*, 2011).

No ambiente silvestre, canídeos, roedores e marsupiais atuam como reservatórios naturais da *L. infantum* (Azami-Conesa *et al.*, 2021). Entretanto, no meio urbano, o cão doméstico é o principal reservatório, e sua proximidade com os seres humanos facilita a transmissão. Assim, os casos de Leishmaniose Visceral Canina (LVC) frequentemente precedem os de Leishmaniose Visceral Humana (LVH), reforçando sua relevância epidemiológica (De Sousa *et al.*, 2015).

A manifestação clínica da LVC costuma envolver hepatomegalia, esplenomegalia, linfadenomegalia, perda de peso, alterações dermatológicas, onicrogribose, entre outros (Brasil, 2017). Caso não seja tratada, a doença segue um curso crônico, levando o animal ao óbito (Morales-Yuste; Martín-Sánchez.; Corpas-Lopez, 2022). O diagnóstico da afecção torna-se desafiador devido à inespecificidade dos sinais clínicos, que podem se assemelhar aos de outras doenças. Por essa razão, a confirmação laboratorial é baseada na associação de métodos sorológicos, parasitológicos e moleculares (Laurenti, 2009; Solano-Gallego, 2011).

Variados materiais biológicos podem ser utilizados para a detecção do protozoário, dependendo do estágio da infecção e técnica diagnóstica empregada (Gomes *et al.*, 2008; Maia *et al.*, 2009). Dentre os tecidos utilizados para o diagnóstico, os linfonodos, a medula óssea, o baço e o fígado se destacam, devido à disseminação do protozoário para órgãos ricos em células do sistema mononuclear fagocitário (Chagas *et al.*, 2021; Ramos *et al.*, 2024; Ramsey; Tennant, 2010). A medula óssea desempenha um papel fundamental no diagnóstico de diversas doenças infecciosas e hematológicas, incluindo a LVC (Veras *et al.*, 2023). Esse tecido não apenas serve como um local de multiplicação do protozoário, mas também reflete alterações imunológicas e hematopoiéticas associadas à infecção (Magalhães *et al.*, 2022).

Diante da importância da medula óssea no diagnóstico, esta revisão objetiva analisar os métodos laboratoriais para detectar a *L. infantum* em cães, por meio de técnicas parasitológicas, sorológicas e moleculares, elucidar os aspectos envolvidos e destacar os desafios na abordagem diagnóstica.

Medula Óssea e a LVC

A medula óssea é um tecido hematopoiético altamente dinâmico localizado no interior dos ossos, sendo o principal sítio de produção de células sanguíneas em mamíferos adultos (Brooks *et al.*, 2022). Em cães, a medula óssea ativa está predominantemente localizada na coluna vertebral, nas porções proximais dos ossos longos e ossos chatos (Rowe



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



et al., 2019). Estruturalmente, é composta por células hematopoéticas, vasos sanguíneos, tecido conjuntivo de suporte e uma matriz extracelular que proporciona nichos específicos para a proliferação e diferenciação celular (Dyce; Sack; Wensing, 2010). Além de sua função hematopoética, a medula óssea responde a estímulos fisiológicos e patológicos, ajustando a produção de células conforme as necessidades do organismo (Mitroulis *et al.*, 2020).

L. infantum possui afinidade por órgãos linfóides devido à presença abundante de células do sistema mononuclear fagocítico, essenciais para sua replicação e sobrevivência (Monteiro, 2017). Entre esses órgãos, a medula óssea se destaca como um dos principais sítios de infecção, pois contém macrófagos e células-tronco, proporcionando um microambiente propício à sobrevivência e multiplicação do patógeno (Poulaki; Piperaki; Voulgarelis, 2021; Veras *et al.*, 2023).

A infecção e proliferação de *Leishmania* na medula óssea interferem na produção e maturação das células sanguíneas, causando desequilíbrios na hematopoiese (Almeida *et al.*, 2021). Como consequência, ocorrem desequilíbrios na contagem de células no sangue periférico, levando ao desenvolvimento de anemia, redução de plaquetas e diminuição dos leucócitos (Veras *et al.*, 2023). Além disso, há um desequilíbrio na comunicação entre as células hematopoéticas e o microambiente medular, o que compromete a diferenciação celular (Almeida *et al.*, 2021).

Os principais sítios anatômicos para a coleta de medula óssea em cães visando à detecção de *Leishmania* incluem a crista ilíaca, o úmero, o fêmur e o esterno (Hesham *et al.*, 2021; Magalhães *et al.*, 2022). A seleção do local para a coleta de medula óssea em animais vivos depende da preferência do profissional, considerando fatores como escore corporal, idade e condição de saúde do animal. Além disso, a invasividade dos métodos de coleta varia conforme a técnica diagnóstica adotada (Raskin; Messick, 2012).

Citologia aspirativa

A citologia aspirativa é um método diagnóstico amplamente utilizado devido à sua simplicidade, baixa invasividade e custo acessível (Dey, 2023). A coleta de medula óssea para citologia pode ser realizada com anestesia local e contenção física, sem a necessidade de anestesia geral em todos os casos (Raskin; Messick, 2012). O procedimento é feito com agulhas, como as do tipo Jamshidi, Rosenthal ou Illinois esternal, com calibre entre 15 e 18, introduzidas na cortical óssea com movimento rotacional (Valenciano; Cowell, 2019). Após a penetração, acopla-se a seringa de 10 a 12 mL contendo uma pequena quantidade de ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) e aplica-se pressão negativa para aspirar a amostra



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



(Thrall, 2015). O material coletado é transferido para uma placa de Petri e, com o auxílio de um tubo capilar de micro-hematócrito, partículas de medula óssea são selecionadas e depositadas em uma lâmina de vidro. Em seguida, o esfregaço é cuidadosamente realizado, seco ao ar e corado com corante do tipo Romanowsky (Brooks *et al.*, 2022).

Na citologia, a *Leishmania* spp. são visualizadas como formas amastigotas ovais, medindo 2 a 4 μm , encontrados dentro de macrófagos ou dispersos na lâmina. Possuem um núcleo de tom roxo-claro e um cinetoplasto mais escuro em formato de bastão, posicionado entre o núcleo e a borda citoplasmática (Cowell *et al.*, 2009).

Sendo um método parasitológico direto, a citologia aspirativa de medula óssea apresenta alta especificidade, podendo alcançar 100%, e sensibilidade de até 92% (Saridomichelakis *et al.*, 2005). Vasconcelos *et al.* (2010) avaliaram a confiabilidade entre dois observadores na análise citopatológica de aspirados de medula óssea, as sensibilidades observadas foram de 62,5% e 37,5%, enquanto as especificidades foram de 81,1% e 100%, respectivamente. Portanto, esse percentual pode variar conforme a expertise do observador, fase da doença e carga parasitária na amostra medular, além da realização de uma avaliação minuciosa de 200 a 1.000 campos, dependendo da metodologia empregada, utilizando objetiva de grande aumento. (Antunes *et al.*, 2018; Brasil, 2014; Vasconcelos *et al.*, 2010).

Histopatológico

O exame histopatológico é uma ferramenta essencial para o diagnóstico de diversas afecções, baseado na análise microscópica de alterações morfológicas em tecidos, permitindo não apenas a identificação de patologias, mas também a avaliação de sua extensão, evolução e resposta terapêutica (Dewi; Purwanto, 2023; Thiele; Kvasnicka; Vardiman, 2006).

A realização do diagnóstico histopatológico na medula óssea requer a coleta da amostra por meio de biópsia, na qual é obtido um fragmento compacto do osso, tornando o procedimento mais invasivo em comparação à aspiração medular (Müller, 2009). Além da maior invasividade, esse método também demanda um tempo de processamento mais longo em relação à citologia aspirativa, uma vez que envolve etapas como descalcificação, processamento histológico e colorações (Travlos, 2006).

No entanto, esse método oferece informações mais detalhadas devido ao maior grau de celularidade e à preservação da arquitetura tecidual (Müller, 2009). Outra vantagem é a possibilidade de manter o material em bloco histológico, permitindo análises posteriores, como diferentes colorações histológicas e exames complementares, incluindo a imuno-



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



histoquímica (Nachtkamp *et al.*, 2024; Sontas *et al.*, 2012). Além da identificação das formas amastigotas de *Leishmania*, o corte histológico também possibilita a identificação de alterações como fibrose, mielodisplasia, granulomas, entre outras (Momo *et al.*, 2014). Por se tratar de um exame parasitológico direto, sua especificidade pode alcançar 100%, enquanto a sensibilidade varia devido aos mesmos fatores mencionados sobre citologia aspirativa (Saridomichelakis *et al.*, 2005).

Imunohistoquímica

A imunohistoquímica (IHQ) é amplamente reconhecida como uma das técnicas de imunomarcção mais utilizadas, pois une conceitos de análise tecidual, resposta imunológica e processos bioquímicos (Yigzaw; Dagnaw, 2024). Nesse contexto, quando aplicada à medula óssea, a IHQ utiliza fragmentos de tecido ósseo provenientes de biópsias, os quais são processados histologicamente (Pholar *et al.*, 2024). **Por outro lado**, quando é realizada em preparações citológicas, a técnica recebe o nome de imunocitoquímica (De Matos, 2010).

O teste funciona através do reconhecimento do antígeno de *Leishmania* spp. por um anticorpo primário, que se liga especificamente a ele. Em seguida, um segundo anticorpo se conecta ao primeiro, resultando na emissão de fluorescência e visualização do antígeno marcado (Lima *et al.*, 2013). Trata-se de um método de elevada sensibilidade (70% a 80%) e especificidade (100%) para a detecção de amastigotas, demonstrando desempenho superior às análises citológicas e histopatológicas (Gonzalez *et al.*, 2019; Toplu; Ahmet, 2011).

A técnica envolve etapas como a desparafinação e reidratação dos cortes histológicos, recuperação antigênica, bloqueio de reações inespecíficas, incubação com anticorpos, amplificação do sinal e revelação com cromógeno (Ramos-Vara, 2017). A IHQ possibilita a imunomarcção das formas amastigotas de *Leishmania* no citoplasma de macrófagos e/ou no meio extracelular, contribuindo para o diagnóstico e a quantificação da carga parasitária. (Magalhães *et al.*, 2022).

Assim como outras técnicas mencionadas, a IHQ enfrenta desafios que podem impactar seus resultados. Aspectos como fixação inadequada, processamento inadequado das amostras e seleção imprecisa de anticorpos podem comprometer a imunorreatividade e introduzir vieses (Yaziji; Barr, 2006). Além disso, a padronização dos protocolos e o uso de controles são essenciais para evitar erros diagnósticos (Bogen *et al.*, 2023). A interpretação dos achados exige experiência, pois falhas na seleção de painéis de anticorpos ou na execução da técnica podem levar a resultados imprecisos (De Matos, 2010).



Reação em Cadeia da Polimerase

A Reação em Cadeia da Polimerase (PCR) é uma técnica molecular amplamente empregada no diagnóstico da LVC, permitindo a identificação rápida e precisa do patógeno por meio da amplificação de ácidos nucleicos (Alberts *et al.*, 2017; De Carvalho *et al.*, 2018). Essa metodologia permite a amplificação de uma ou poucas cópias de um segmento específico de DNA, resultando na produção de milhares a milhões de cópias dessa sequência genética, sendo capaz de identificar até mesmo pequenas quantidades de *Leishmania sp.* em amostras clínicas (Alberts *et al.*, 2017).

A técnica pode ser realizada a partir de diferentes tipos de amostras biológicas, como pele, baço, linfonodos e medula óssea de cães com suspeita de infecção (Nunes *et al.*, 2018). Embora o sangue total também possa ser utilizado, seu uso não é recomendado devido à baixa sensibilidade (Lima *et al.*, 2013). Além disso, quando aplicada à medula óssea, a técnica pode ser empregada em amostras obtidas por distintos métodos de coleta, incluindo aspirados citológicos, biópsias (Antunes *et al.*, 2018) e até mesmo tecidos incluídos em blocos de parafina, possibilitando a análise retrospectiva de amostras arquivadas, facilitando diagnósticos e estudos epidemiológicos. (Çulha *et al.*, 2020).

A PCR ocorre em três etapas principais: a desnaturação, em que o DNA é separado em fitas simples por meio de alta temperatura; o anelamento, em que os primers se ligam à sequência-alvo; e a extensão, na qual a enzima Taq polimerase sintetiza novas fitas de DNA (Zhang *et al.*, 2019).

Diferente da PCR convencional (cPCR), a PCR em tempo real (qPCR) permite a obtenção de dados quantitativos, apresentando taxas de detecção superiores devido à sua maior sensibilidade (Rodríguez-Brito *et al.*, 2014). Na LVC, a qPCR é amplamente utilizada para o acompanhamento da carga parasitária durante o tratamento, permitindo avaliar a eficácia terapêutica ao longo do tempo (Roy *et al.*, 2024). Estudos demonstram que a técnica pode detectar níveis residuais de DNA parasitário mesmo após a negatização em exames microscópicos, auxiliando na identificação de casos de falha diagnóstico ou terapêutica (Wu *et al.*, 2020).

Tanto a cPCR quanto a qPCR utilizadas no diagnóstico da leishmaniose visceral canina apresentam alta especificidade, geralmente superior a 95%. No entanto, a sensibilidade dessas técnicas pode variar significativamente conforme o alvo molecular e o tipo de amostra analisada (Marcelino *et al.*, 2020). Embora ofereça alta sensibilidade e especificidade, essa metodologia possui desvantagens, como riscos de contaminação, custo relativamente elevado e a exigência de laboratórios bem equipados, o que limita sua



utilização em algumas regiões. (Faria, 2023)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A medula óssea é uma fonte valiosa para identificação de *L. infantum*, mas a escolha do exame deve considerar tanto a acurácia quanto a aplicabilidade prática. Métodos tradicionais (citologia aspirativa, histopatologia, imunohistoquímica) exigem boa carga parasitária e experiência do operador. A qPCR apresenta alta sensibilidade, quantifica a carga e permite monitorar a resposta ao tratamento. A combinação de diversas abordagens laboratoriais pode aprimorar a detecção precoce e orientar intervenções mais eficazes. Assim, padronizar e otimizar essas técnicas torna-se crucial para diminuir a subnotificação e melhorar o manejo e prognóstico dos cães.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (código de financiamento 001). À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pela concessão da bolsa de mestrado a Rafael Jefferson dos Santos Costa.

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, B., JOHNSON, A., LEWIS, J., MORGAN, D., RAFF, M., ROBERTS, K., HUNT, T. **Biologia molecular da célula**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 1.464 p, 2017.
- ALMEIDA, V. *et al.* Hematological changes in dogs with visceral leishmaniasis are associated with increased IFN- γ and TNF gene expression levels in the bone marrow. **Microorganisms**, v. 9, n. 8, p. 1618, 2021.
- ANTUNES, T.R. *et al.* Techniques of aspiration cytology, biopsy and cell block of the bone marrow for the identification and determination of parasite intensity in Canine Visceral Leishmaniasis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, p. 1362-1368, 2018.
- AZAMI-CONESA, I. *et al.* systematic review (1990–2021) of wild animals infected with zoonotic *Leishmania*. **Microorganisms**, v. 9, n. 5, 1.101p. 2021.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral**. Brasília: Ministério da Saúde, 120p. 2014.
- BRASIL. Ministério da Saúde Secretaria de Vigilância em saúde. **Guia de vigilância em saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, vol. único, v. 2, 705p. 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Doenças tropicais negligenciadas**: 30 de janeiro - dia



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



mundial de combate as doenças tropicais negligenciadas. Brasília :Ministério da Saúde, número especial, 78 p. 2021.

BROOKS, M.B., HARR, K.E., SEELIG, D. M., WARDROP, K.J. **Schalm's veterinary hematology**. 7. ed. Hoboken: Wiley-Blackwell, 1.456 p. 2022.

BOGEN, S.A. *et al.* A consortium for analytic standardization in immunohistochemistry. **Archives of Pathology & Laboratory Medicine**, v. 147, n. 5, p. 584-590, 2023.

CASTRO, J.M. *et al.* Conhecimento, percepções de indivíduos em relação à leishmaniose visceral humana como novas ferramentas de controle. **Ensaio e Ciências Biológicas Agrárias e da Saúde**, v. 20, n. 2, p. 93-103, 2016.

CHAGAS, Ú.M.R. *et al.* Correlations between tissue parasite load and common clinical signs in dogs naturally infected by *Leishmania infantum*. **Veterinary Parasitology**, v. 291, p. 109368, 2021.

COWELL, R.L., TYLER, R.D., MEINKOTH, J.H., DENICOLA, D.B. **Diagnóstico citológico e hematologia de cães e gatos**. Medvet. São Paulo, p. 68-77, 2009.

ÇULHA, G. *et al.* The investigation of the association of cutaneous leishmaniasis in biopsy specimens of the patients with granulomatous disease and skin cancer using the molecular method. **Iranian Journal of Parasitology**, v. 15, n. 3, p. 307, 2020.

DE CARVALHO, F.L.N. *et al.* Canine visceral leishmaniasis diagnosis: a comparative performance of serological and molecular tests in symptomatic and asymptomatic dogs. **Epidemiology & Infection**, v. 146, n. 5, p. 571-576, 2018.

DE MATOS, L.L. *et al.* Immunohistochemistry as an important tool in biomarkers detection and clinical practice. **Biomarker Insights**, v. 5, p. BMI. S2185, 2010.

DE SOUSA, T. C., FRANCISCO, A. K. P. R., DOS SANTOS, I. B. Leishmaniose Canina em Brasília, DF: Uma Revisão da Literatura. **Tempus–Actas de Saúde Coletiva**, v. 9, n. 3, p. ág. 187-202, 2015.

DEY, P. The Basic Technique of Fine Needle Aspiration Cytology. In: Basic and Advanced Laboratory Techniques in Histopathology and Cytology. Singapore: **Springer Nature Singapore**, p. 143-150. 2023

DEWI, A.K., PURWANTO, B. **Introduction of Histopathology**. In: Molecular Histopathology and Cytopathology. IntechOpen, p. 212. 2023.

DOS SANTOS NOGUEIRA, F. *et al.* Use of miltefosine to treat canine visceral leishmaniasis caused by *Leishmania infantum* in Brazil. **Parasites & Vectors**, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2019.

DYCE, K. M.; SACK, W.O.; WENSING, C. J.G. **Tratado de anatomia veterinária**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 856. 2010.

FARIA, V. C. S. **Avaliação de dois métodos de extração de DNA em amostras obtidas por swab associados às técnicas moleculares de PCR convencional, PCR em tempo real e**



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



LAMP para o diagnóstico da leishmaniose tegumentar. 2023. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde: Infectologia e Medicina Tropical) – Faculdade de Medicina, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023.

GOMES, Y.M. *et al.* Diagnosis of canine visceral leishmaniasis: biotechnological advances. **The Veterinary Journal**, v. 175, n. 1, p. 45-52, 2008.

GONZALEZ, K *et al.* Performance of immunohistochemistry as a useful tool for the diagnosis of cutaneous leishmaniasis in Panama, Central America. **Parasitology International**, v. 71, p. 46-52, 2019.

HESHAM, H.M. *et al.* Surgical Approach of the Anatomical Sites for Bone Marrow Aspiration in Dogs. **Alexandria Journal of Veterinary Sciences**, v. 70, n. 2, 2021.

LAURENTI, M.D. Correlação entre o diagnóstico parasitológico e sorológico na leishmaniose visceral americana canina. **Boletim Epidemiológico Paulista**, v. 6, n. 67, p. 13-23, 2009.

LIMA, C.A. *et al.* Diagnóstico da leishmaniose visceral canina: uma revisão. **Pubvet**, v. 7, p. 2565-2677, 2013.

MAIA, C. *et al.* Diagnosis of canine leishmaniasis: conventional and molecular techniques using different tissues. **The Veterinary Journal**, v. 179, n. 1, p. 142-144, 2009.

MAGALHÃES, A.O.D. *et al.* Histological and immunohistochemical evaluations of the bone marrow from femur and sternal manubrium of dogs reactive for leishmaniasis by DPP® and ELISA tests. **Ciência Animal Brasileira**, v. 23, p. e-73104, 2022.

MARCELINO, A.P. *et al.* Comparative PCR-based diagnosis for the detection of *Leishmania infantum* in naturally infected dogs. **Acta tropica**, v. 207, p. 105495, 2020.

MISSAWA, N.A. *et al.* Evidência de transmissão de leishmaniose visceral por *Lutzomyia cruzi* no município de Jaciara, Estado de Mato Grosso, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 44, p. 76-78, 2011.

MITROULIS, I. *et al.* Regulation of the bone marrow niche by inflammation. **Frontiers in Immunology**, v. 11, p. 1540, 2020.

MONTEIRO, S. G. **Parasitologia na medicina veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Roca, 370 p. 2017.

MORALES-YUSTE, M.; MARTÍN-SÁNCHEZ, J.; CORPAS-LOPEZ, V. Canine leishmaniasis: Update on epidemiology, diagnosis, treatment, and prevention. **Veterinary Sciences**, v. 9, n. 8, p. 387, 2022.

MOMO, C., JACINTHO, A.P.P. *et al.* Morphological changes in the bone marrow of the dogs with visceral leishmaniasis. **Veterinary Medicine International**, v. 2014, n. 1, p. 150582, 2014.

MÜLLER, D.C.D.M. *et al.* Técnicas e sítios de coleta de medula óssea em cães e gatos. **Ciência Rural**, v. 39, p. 2243-2251, 2009.



NACHTKAMP, K. *et al.* Comparison of cytomorphology and histomorphology in myelodysplastic syndromes. **Frontiers in Oncology**, v. 14, p. 1359115, 2024.

NUNES, J. B., COURA-VITAL, W., COLOMBO, F. A., BAÊTA, F. J. M., PINHEIRO, A. C., ROATT, B. M., MARQUES, M. J. Comparative analysis of real-time PCR assays in the detection of canine visceral leishmaniasis. **Parasitology Research**, v. 117, p. 3341-3346, 2018.

OPAS. ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2020. **Leishmanioses: Informe epidemiológico nas Américas**. Núm. 9, 2020.

PHOLAR, S. *et al.* Alidation of Fixation and Decalcification Protocols for Optimizing Immunohistochemical Staining for Bone Marrow Trephine Biopsy. **Journal of the Medical Association of Thailand**, v. 107, n. 9, 2024.

POULAKI, A., PIPERAKI, E.T., VOULGARELIS, M. Effects of visceralising *Leishmania* on the spleen, liver, and bone marrow: a pathophysiological perspective. **Microorganisms**, v. 9, n. 4, p. 759, 2021.

RAMOS, F.R. *et al.* Comparative study of parasite load in the spleen, lymph node, and skin of dogs with visceral leishmaniasis. **Brazilian Journal of Veterinary Pathology**, v. 17, n. 2, p. 84-92, 2024.

RAMOS-VARA, J. A. Principles and methods of immunohistochemistry. **Drug Safety Evaluation: Methods and Protocols**, p. 115-128, 2017.

RAMSEY, I. K.; TENNANT, B. J. **Manual de doenças infecciosas em cães e gatos**. 1. ed. São Paulo: Roca, 320 p. 2010.

RASKIN, R.E., MESSICK, J.B. Bone marrow cytologic and histologic biopsies: indications, technique, and evaluation. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v. 42, n. 1, p. 23-42, 2012.

RODRÍGUEZ-BRITO, S. *et al.* Differential identification of *Sporothrix* spp. and *Leishmania* spp. by conventional PCR and qPCR in multiplex format. **Sabouraudia**, v. 53, n. 1, p. 22-27, 2014.

ROWE, J.A. *et al.* Relative skeletal distribution of proliferating marrow in the adult dog determined using 3'-deoxy-3'-[18F] fluorothymidine. **Anatomia, Histologia, Embryologia**, v. 48, n. 1, p. 46-52, 2019.

ROY, S. *et al.* Molecular monitoring of treatment efficacy in human visceral leishmaniasis. **Transactions of The Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 118, n. 5, p. 343-345, 2024.

SARIDOMICHELAKIS, M.N. *et al.* Evaluation of lymph node and bone marrow cytology in the diagnosis of canine leishmaniasis (*Leishmania infantum*) in symptomatic and asymptomatic dogs. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 73, n. 1, p. 82-86, 2005.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



SOLANO-GALLEGO, L. *et al.* LeishVet guidelines for the practical management of canine leishmaniosis. **Parasites & Vectors**, v. 4, p. 1-16, 2011.

SONTAS, B.H. *et al.* FINE-NEEDle aspiration biopsy of canine mammary gland tumours: a comparison between cytology and histopathology. **Reproduction in domestic animals**, v. 47, n. 1, p. 125-130, 2012.

THIELE, J.; KVASNICKA, H. M.; VARDIMAN, J. Bone marrow histopathology in the diagnosis of chronic myeloproliferative disorders: a forgotten pearl. **Best Practice & Research Clinical Haematology**, v. 19, n. 3, p. 413-437, 2006.

THRALL, M.; WEISER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Roca, 688 p. 2015.

TOPLU, NIHAT; AYDOGAN, AHMET. An immunohistochemical study in cases with usual and unusual clinicopathological findings of canine visceral leishmaniosis. **Parasitology Research**, v. 109, p. 1051-1057, 2011.

TRAVLOS, G.S. Normal structure, function, and histology of the bone marrow. **Toxicologic pathology**, v. 34, n. 5, p. 548-565, 2006.

VALENCIANO, A.C.; COWELL, R.L. **Cowell and Tyler's Diagnostic Cytology and Hematology of the Dog and Cat-E-Book**. 5. ed. Elsevier Health Sciences, 576 p. 2019.

VASCONCELOS, T.C.B. *et al.* Avaliação da confiabilidade entre dois observadores em exames citopatológico e imunocitoquímico de aspirado de medula óssea no diagnóstico da leishmaniose visceral canina. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 03, p. 821-824, 2016.

VERAS, P.S.T. *et al.* Elucidating the role played by bone marrow in visceral leishmaniasis. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 13, p. 1261074, 2023.

WHO. World Health Organization. Leishmaniasis. Key facts. 2023.

WU, Y *et al.* Application of quantitative PCR in the diagnosis and evaluating treatment efficacy of leishmaniasis. **Frontiers in cellular and infection microbiology**, v. 10, p. 581639, 2020.

YAZIJI, H.; BARRY, T. Diagnostic Immunohistochemistry: what can go wrong?. **Advances in anatomic pathology**, v. 13, n. 5, p. 238-246, 2006.

YIGZAW, D.; DAGNAW, G. G. Review of immunohistochemistry techniques: Applications, current status, and future perspectives. In: **Seminars in diagnostic pathology**. v. 41, n. 3, p. 154–160, 2024.

ZHANG, H. *et al.* Revealing the secrets of PCR. **Sensors and Actuators B: Chemical**, v. 298, p. 126924, 2019.



Nematódeos filarídeos em primatas neotropicais: Revisão de Literatura

Fernanda Moura Freitas¹; Juliana Fernanda Serra Pereira¹; Mayra Araguaia Pereira Figueiredo², Andréa Pereira da Costa³

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055 310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Av. Norte Sul, 7300, Nova Morada Rolim de Moura, RO, Brasil.

³Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055 310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

Os primatas neotropicais estão amplamente distribuídos em diversos biomas e desempenham um papel crucial na manutenção do equilíbrio ecológico. Esses animais têm sido investigados como hospedeiros de filarídeos, nematódeos parasitas que podem afetar sua saúde e representar potenciais riscos à saúde pública. A infecção por filarídeos em primatas neotropicais tem sido documentada em diferentes países, com estudos identificando gêneros como *Mansonella* e *Dipetalonema*. No entanto, os estudos sobre a distribuição desses parasitas em primatas ainda são escassos. A presente revisão de literatura aborda a ocorrência de filarídeos em primatas neotropicais, destacando os principais registros da infecção e os impactos sobre os hospedeiros primatas e para saúde pública.

Palavras-chave: Filária, Microfilárias, Macacos.

INTRODUÇÃO

Primatas Não Humanos (PNH) formam um grupo de mamíferos amplamente distribuído em regiões tropicais e subtropicais da América, África e Ásia (Brum *et al.*, 2017; Cañizales; Estrada *et al.*, 2017; Guerrero, 2017). O Brasil, considerado um dos países mais ricos em biodiversidade, abriga cerca de 25% de todas as espécies de primatas do mundo (Paviolo *et al.*, 2016; IUCN, 2022).

Por sua proximidade filogenética com os humanos, os PNH são importantes no monitoramento de doenças zoonóticas e com potencial zoonótico, pois podem atuar como reservatórios de diversos patógenos, incluindo nematódeos filarídeos (Superfamília Filarioidea) (Cañizales; Guerrero, 2017; Solórzano-García; Pérez-Ponce de León, 2018). Morfologicamente os filarídeos são alongados e de coloração esbranquiçada, capazes de induzir lesões que variam de leve a grave, a depender da espécie envolvida na infecção (Pritt *et al.*, 2012; Baker, 2018; Kannenberg *et al.*, 2019).

Os principais gêneros de filarídeos descritos em primatas neotropicais são



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Mansonella e *Dipetalonema* (Laidoudi *et al.*, 2020). Embora estudos sobre a identificação de filarídeos em primatas já tenham sido realizados em países como Brasil, Argentina e Peru, ainda há lacunas no conhecimento sobre infecções naturais por esses parasitas (Vanderhoeven *et al.*, 2017; Zárate-Rendón *et al.*, 2022; Ehlers *et al.*, 2023). Essa limitação ocorre devido à ampla diversidade de hospedeiros e à dificuldade de acessar extensas áreas geográficas para pesquisa (Conga *et al.*, 2018).

Este trabalho tem como objetivo revisar a literatura disponível sobre infecções por filarídeos em primatas neotropicais, abordando sua diversidade, distribuição geográfica, e possíveis impactos na saúde dos hospedeiros e na saúde pública.

Primatas neotropicais

Primatas não humanos pertencem ao reino Animalia, filo Chordata e classe Mammalia. Morfologicamente, destacam-se principalmente por possuírem membros pentadáctilos, cérebro maior em relação ao corpo, focinho curto, clavícula, mãos e pés com cinco dígitos, dedos com unhas e com alta mobilidade e visão altamente desenvolvida (Fleagle, 1999; Bicca-Marques *et al.*, 2006; Verona; Pissinatti, 2014).

Os países neotropicais abrigam aproximadamente 34% da diversidade global de primatas, com a Amazônia Ocidental concentrando 40% da diversidade de mamíferos composta por primatas (Mittermeier; Richardson, 2013). A distribuição dessas espécies varia conforme fatores como precipitação, cobertura florestal e o grau de interferência humana (Peres; Janson, 1999; Fahrig, 2003, Costa *et al.*, 2012).

De acordo com Fleagle (1999), são classificados em duas infraordens principais: Catarrhini (conhecidos como macacos do Velho Mundo) e Platyrrhini (primatas neotropicais) (Figura 1), podendo ser diferenciados pela posição da narina: os primeiros possuem narinas voltadas para baixo em um focinho alongado, enquanto platirrinos apresentam narinas orientadas lateralmente em um focinho mais curto (Ankel-Simons, 2007).

Figura 1: Registro fotográfico de primatas neotropicais.



Fonte: Acervo próprio, 2024

A origem dos platirrinos remonta a mais de cem milhões de anos, período em que ocorreu a separação dos continentes da América, África e Ásia. Esses primatas são classificados em cinco famílias distintas: Callitrichidae, Cebidae, Aotidae, Pitheciidae e Atelidae, abrangendo um total de 24 gêneros: *Cebuella*, *Mico*, *Callithrix*, *Saguinus*, *Leontopithecus*, *Callimico*, *Saimiri*, *Cebus*, *Aotus*, *Callicebus*, *Pithecia*, *Chiropotes*, *Cacajao*, *Alouatta*, *Ateles*, *Lagothrix*, *Oreonax*, *Brachyteles*, *Cheracebus*, *Plecturocebus*, *Tamarinus*, *Callibella*, *Oedipomidas* e *Sapajus* (Rylands *et al.*, 2012; Rylands; Mittermeier *et al.*, 2024).

Os primatas neotropicais compreendem 218 espécies registradas no banco de dados do Grupo de Especialistas em Primatas da IUCN SSC (Rylands; Mittermeier, 2024). Apresentam uma diversidade de padrões de coloração e variam de pequeno a médio porte (Verona; Pissinatti, 2014; [Schneider; Sampaio, 2015](#)).

São animais fundamentais para a saúde dos ecossistemas florestais, pois sua dieta variada e ampla mobilidade favorecem a dispersão de sementes, auxiliando na regeneração das florestas (Nuñez-Iturri; Howe, 2007). Em relação ao ciclo de patógenos transmitidos por vetores, os PNH servem como fonte de alimentação sanguínea para vetores primatófilos permitindo a zoonose, como por exemplo, o relevante papel na saúde pública de primatas, como os bugios (*Alouatta* spp.), que atuam como sentinelas para a febre amarela (Romano, 2014; Figueiredo *et al.*, 2017).

A fragmentação de habitats e a maior proximidade desses animais com o ambiente urbano facilitam o surgimento e a emergência de doenças zoonóticas (Karesh *et al.*, 2012) sendo a transmissão de patógenos entre animais silvestres e humanos uma preocupação constante (Devaux *et al.*, 2019). Esse fator, chamado de quebra de barreira biológica, foi responsável pelos surgimentos de mais 65% das doenças emergentes e reemergentes nos



últimos anos (Silva *et al.*, 2024).

Filarídeos

Filarídeos são nematódeos de tecidos ou cavidades corporais de uma variedade de vertebrados, incluindo seres humanos (Morales-Hojas, 2001; Votypka *et al.*, 2020). Fazem parte da superfamília Filarioidea, que é composta por duas famílias: Filariidae e Onchocercidae (Anderson, 2000).

Morfologicamente, filarídeos adultos são alongados e delgados, podendo atingir até 30 cm de comprimento, dependendo da espécie, com as fêmeas geralmente maiores que os machos. Na extremidade anterior, possuem dois anéis papilares, sendo o interno formado por quatro papilas labiais e o externo por quatro papilas cefálicas. As microfilárias, liberadas pelas fêmeas, medem entre 100 e 400 μm e circulam no sangue periférico (Strait *et al.*, 2012; Conga *et al.*, 2018; Votypka *et al.*, 2020).

Possuem ciclo indireto que inclui vetores artrópodes sugadores de sangue como insetos (mosquitos), necessários para completar seu desenvolvimento e transmissão (Bravo-Barriga *et al.*, 2016; Wilson *et al.*, 2017; Tokarz *et al.*, 2020). Carrapatos também têm sido sugeridos como potenciais vetores de filarídeos, conforme apontado por (Ajileye *et al.*, 2025).

Os vetores ingerem as microfilárias L1 do sangue ou da pele do hospedeiro definitivo. Em seguida, se desenvolvem para L2 em diferentes órgãos dos artrópodes, como os túbulos de Malpighi nos mosquitos. As microfilárias, posteriormente, se desenvolvem para L3 e migram para o aparelho bucal do vetor para serem transmitidos ao hospedeiro vertebrado (Lefoulon *et al.*, 2015), onde amadurecem em nematódeos adultos (Lima *et al.*, 2016).

A família Onchocercidae compreende aproximadamente 88 gêneros e representa um grupo significativo de nematódeos com vetores amplamente distribuídos pelo mundo (Lefoulon *et al.*, 2015). A gravidade das infecções causadas por esses parasitas está diretamente relacionada à espécie envolvida e à localização dos nematódeos adultos no hospedeiro, sendo frequentemente encontrados no sangue ou em tecidos subcutâneos (Magnis *et al.*, 2013).

Diversos gêneros da família Onchocercidae, incluindo *Dirofilaria*, *Onchocerca*, *Brugia*, *Dipetalonema* e *Acanthocheilonema*, são conhecidos por parasitar animais silvestres. Foram inicialmente descritos apenas em hospedeiros animais, contudo, tiveram seu potencial zoonótico reconhecido posteriormente. No Brasil, uma variedade de gêneros



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



já foi identificada em mamíferos domésticos e silvestres, com destaque para *Dirofilaria* e *Acanthocheilonema* (Labarthe *et al.*, 2014; Ramos *et al.*, 2016; da Costa *et al.*, 2023).

Embora a família Onchocercidae conte com espécies de grande importância para a saúde pública, como *Wuchereria bancrofti* e *Onchocerca volvulus* (Morales-Hojas *et al.*, 2001; Lefoulon *et al.*, 2020), agentes da filariose linfática e oncocercose respectivamente, e incluídas na lista de Doenças Tropicais Negligenciadas (WHO, 2025) e espécies como *Dirofilaria*, que apresentam relevância veterinária e potencial zoonótico ocasional (Simón *et al.*, 2012), a maioria dos nematódeos dessa família não é patogênica (Magnis *et al.*, 2013).

A família Filariidae é composta por duas subfamílias e engloba cinco gêneros de nematódeos, cada um com especificidade por determinados hospedeiros: *Stephanofilaria*, parasita de bovinos; *Filaria*, acomete carnívoros e roedores; *Suifilaria*, infecta suínos; *Parafularia*, associada a ruminantes e equídeos; e *Pseudofilaria*, vinculada a antílopes (Notarnicola, 2024).

As espécies pertencentes a família Filariidae geralmente não causam sinais clínicos, porém, alguns nematódeos podem provocar danos ao tecido epitelial. As fêmeas costumam parasitar o tecido subcutâneo dos hospedeiros vertebrados, abrindo pequenas perfurações na pele. Como consequência, a pele fica exposta, tornando-a suscetível a infecções secundárias por bactérias e outros patógenos (Notarnicola, 2024).

Parasitismo por filarídeos em primatas neotropicais

Primatas não humanos em vida livre são frequentemente infectados por filarídeos, enquanto aqueles mantidos em laboratório geralmente permanecem livres desses parasitas, devido à ausência de vetores. Alguns desses parasitas são considerados não patogênicos ou possuem efeitos ainda pouco compreendidos sobre o hospedeiro. No entanto, certas espécies podem causar lesões graves, comprometendo a saúde do animal e aumentando sua vulnerabilidade a infecções potencialmente fatais (Strait *et al.*, 2012).

Os estudos acerca das infecções de primatas neotropicais por filarídeos são escassos e negligenciados, embora se saiba a importância de conhecer a fauna parasitária para compreensão dos possíveis impactos para as espécies e para a saúde pública (Bueno *et al.*, 2017; Solórzano-Garcia; Pérez-Ponce de León, 2018; Lopes *et al.*, 2022).

Nas Américas, os gêneros *Mansonella* e *Dipetalonema* são os filarídeos mais frequentemente registrados em primatas, com taxas de prevalência em torno de 70% (Bain *et al.*, 2015; Laidoudi *et al.*, 2020; Laidoudi *et al.*, 2021). Em áreas endêmicas, é comum a ocorrência de infecções simultâneas por ambos os gêneros (Strait *et al.*, 2012).

Principais espécies de filarídeos em primatas neotropicais

Gênero *Dipetalonema*

Espécies do gênero *Dipetalonema* são filarídeos pertencentes a família Onchocercidae que infectam a cavidade peritoneal de primatas neotropicais. O gênero engloba seis espécies: *Dipetalonema caudispina*, *Dipetalonema freitasi*, *Dipetalonema gracile*, *Dipetalonema graciliformis*, *Dipetalonema yatesi* e *Dipetalonema robini* (Bain *et al.*, 2015; Laidoudi *et al.*, 2020), sendo diferenciadas por características morfológicas distintas, como as estruturas das lapelas caudais nas fêmeas e o arranjo da musculatura nos machos (Petit *et al.*, 1985).

No ciclo biológico de *Dipetalonema* spp., os adultos tendem a se alojar predominantemente na cavidade peritoneal. As microfilárias circulam na corrente sanguínea do hospedeiro, onde podem ser ingeridas por artrópodes da família Ceratopogonidae e Simuliidae, que são os principais vetores. No interior dos vetores, as microfilárias passam por transformações até atingirem o estágio larval infeccioso (L3), tornando-se aptas para a transmissão a um novo hospedeiro vertebrado (Notarnicola *et al.*, 2008; Conga *et al.*, 2019, Illia *et al.*, 2022). No quadro 1 encontram-se registros na literatura de infecção por *Dipetalonema* em primatas neotropicais.

Quadro 1 - Espécies de filarídeos do gênero *Dipetalonema* reportadas em primatas neotropicais, com respectivos locais de ocorrência e referências.

Espécie de <i>Dipetalonema</i>	Espécie de primata	Local da ocorrência	Referência
<i>Dipetalonema graciliformis</i>	<i>Saguinus midas</i>	Guiana Francesa	Freitas <i>et al.</i> (1943)
<i>Dipetalonema caudispina</i>	<i>Cebus apella</i>	Centro-Oeste do Brasil	Freitas <i>et al.</i> (1943)
<i>Dipetalonema caudispina</i>	<i>Ateles paniscus</i>	Norte do Brasil	Freitas <i>et al.</i> (1943)
<i>Dipetalonema robini</i>	<i>Saimiri sciureus</i>	Guiana	Petit <i>et al.</i> (1985)
<i>Dipetalonema gracilis</i>	<i>Cebus apella</i>	Centro-Oeste do Brasil	Noronha <i>et al.</i> (2002)
<i>Dipetalonema yatesi</i>	<i>Ateles chamek</i>	Bolívia	Notarnicola <i>et al.</i> (2007)
<i>Dipetalonema robini</i>	<i>Sapajus nigritus</i>	Argentina	Vanderhoeven <i>et al.</i>

			(2017)
<i>Dipetalonema gracile</i>	<i>Lagothrix poeppigii</i>	Amazônia peruana	Conga <i>et al.</i> (2018)
<i>Dipetalonema gracile</i>	<i>Alouatta clamitans</i>	Sul do Brasil	Lopes <i>et al.</i> (2022)
<i>Dipetalonema yatesi</i>	<i>Ateles chamek</i>	Amazônia peruana	Zárate-Rendón <i>et al.</i> (2022)
<i>Dipetalonema gracile</i>	<i>Saguinus bicolor</i>	Norte do Brasil	Costa et al. (2023)
<i>Dipetalonema gracile</i>	<i>Saguinus bicolor</i>	Norte do Brasil	Dias <i>et al.</i> (2023)
<i>Dipetalonema graciliformis</i>	<i>Saguinus bicolor</i>	Brasil	Lignon <i>et al.</i> (2024)

Primatas neotropicais podem manifestar sinais clínicos relevantes devido à infecção por *Dipetalonema* spp., como peritonite, que pode levar o animal ao óbito (Strait *et al.*, 2012; Baker, 2018). Nesse contexto, o estudo de Pereira *et al.* (2023) relatou a ocorrência de infecção por *Dipetalonema* spp. em um macaco-prego (*Sapajus nigritus*), destacando a relevância desse parasita em primatas neotropicais. O animal, ao exame clínico, apresentou nistagmo e movimentos involuntários da cabeça, estado semi-comatoso, hipertermia (38,7°C) e hipovolemia que evoluiu para o óbito. Na necropsia, foram observados numerosos nematódeos livres na cavidade corporal. A análise histológica revelou a presença de microfilárias no lúmen de vasos sanguíneos de diversos órgãos, incluindo pulmão, fígado, coração, rins, baço, intestino delgado, intestino grosso e cérebro. Filarídeos adultos e microfilárias foram submetidos à identificação morfométrica, confirmando sua classificação no gênero *Dipetalonema*. Com base nesses achados, concluiu-se que se tratava de um caso de infecção multissistêmica por *Dipetalonema* spp.

De maneira semelhante, o estudo de Ehlers *et al.* (2023) descreveu lesões patológicas associadas à infecção por *Dipetalonema* spp. em primatas neotropicais do Sul do Brasil, com 31,3% dos 118 animais necropsiados apresentando nematóides nas cavidades abdominal, torácica ou no pericárdio. Lesões inflamatórias e fibróticas foram observadas em diversos órgãos, e microfilárias foram detectadas em vasos do pulmão, fígado, baço e cérebro. Em casos graves, a infecção causou aprisionamento intestinal e morte.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



O gênero *Mansonella* tem distribuição mundial e infecta uma variedade de hospedeiros vertebrados incluindo humanos. Parasita principalmente tecidos subcutâneos e fáscia intramuscular (Bain *et al.*, 2014). Pertence à família Onchocercidae e engloba 13 espécies: *Mansonella mariae*, *Mansonella ozzardi*, *Mansonella perstans*, *Mansonella streptocerca*, *Mansonella interstitium*, *Mansonella llewellyni*, *Mansonella rotundicapita*, *Mansonella musasabi*, *Mansonella atelensis amazonae*, *Mansonella colombiensis*, *Mansonella panamensis*, *Mansonella dunni* e *Mansonella akitensis* (Bain *et al.*, 2015).

Filarídeos adultos do gênero *Mansonella* possuem cápsula bucal ausente, esôfago delgado e cauda feminina com quatro papilas terminais. Microfilárias apresentam corpos desembainhados e finos e caudas nucleadas (Eberhard; Orihel, 1984; Notarnicola, 2024). São transmitidas para o hospedeiro vertebrado principalmente por artrópodes ceratopogonídeos e simuliídeos (Anderson, 2000).

Primatas não humanos podem ser reservatórios de *Mansonella* spp., incluindo espécies com potencial zoonótico, como *M. streptocerca*, *M. perstans* e *M. ozzardi*, sendo as duas últimas relatadas em humanos na América do Sul e Central (Lima *et al.*, 2016; Mediannikov; Ranque 2018; Laidoudi *et al.*, 2020, Medeiros *et al.* 2023).

Os registros de infecção por *Mansonella* em primatas neotropicais são escassos na literatura científica. A maioria dos estudos concentra-se em infecções humanas, com casos no Brasil distribuídos principalmente no estado do Amazonas (Martins *et al.*, 2010). No Quadro 2 encontram-se registros na literatura de infecção por *Mansonella* em primatas neotropicais.

Quadro 2 - Espécies de filarídeos do gênero *Mansonella* reportadas em primatas neotropicais, com respectivos locais de ocorrência e referências.

Espécie de <i>Mansonella</i>	Espécie de primata	Local da ocorrência	Referência
<i>Mansonella mariae</i>	<i>Leontocebus weddelli</i> e <i>Saguinus imperator</i>	Sudeste do Peru	Erkenswick et al (2017)
<i>Mansonella perstans</i>	<i>Alouatta guariba clamitans</i>	Sul do Brasil	De Souza et al.(2023)
<i>Mansonella mariae</i>	<i>Saguinus bicolor</i>	Região Amazônica do Brasil	Dias et al. (2023)



Diferentemente do que se observa para *Dipetalonema* spp., não há relatos na literatura sobre manifestações clínicas associadas à infecção por *Mansonella* spp. em primatas neotropicais. As informações disponíveis referem-se, majoritariamente, a infecções em humanos, nas quais as manifestações são geralmente leves ou assintomáticas, podendo incluir sintomas como inchaço subcutâneo, dores, erupções cutâneas, distúrbios hormonais e hipereosinofilia (Simonsen *et al.* 2011; Nutman, 2016; Asgeirsson *et al.*, 2017; Mediannikov; Ranque, 2018). Além disso, a infecção pelo parasita pode comprometer o sistema imunológico humano e facilitar a ocorrência de infecções secundárias (Dolo *et al.*, 2012).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Primatas neotropicais são infectados principalmente por filarídeos dos gêneros *Dipetalonema* e *Mansonella*, cuja distribuição ainda é pouco conhecida. Algumas espécies podem representar risco à saúde dos primatas, causando sinais clínicos que podem evoluir para o óbito. Além disso, filarídeos do gênero *Mansonella* podem ter implicações em saúde pública, reforçando a necessidade de uma vigilância contínua de nematódeos em primatas para compreender melhor sua distribuição e seus potenciais impactos na fauna e na saúde humana.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento Superior/CAPES (Código de financiamento 001). À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão/FAPEMA pela concessão da bolsa de mestrado a Fernanda Moura Freitas.

REFERÊNCIAS

- AJILEYE, O.D. *et al.* A review of filarial nematodes parasitizing tick vectors: unraveling global patterns in species diversity, host associations, and interactions with tick-borne pathogens. **Parasites & Vectors**, v. 18, p. 50, 2025.
- ANDERSON, R. The superfamily Filarioidea In: Anderson R. (Ed.) **Nematode Parasites of Vertebrates. Their Development and Transmissio**, p. 467-532, 2000.
- ASGEIRSSON, H. *et al.* Successful treatment of imported cases of *Mansonella perstans* infection. **Neglected Tropical Diseases**, v. 11, n. 5, e0005452, 2017.
- ANKEL-SIMONS. **Primate anatomy: an introduction**. San Diego: Elsevier. 724 p., 2007.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



BAKER, D.G. Parasitic diseases. In: ROBERT, M.; LYNN, W.; SUZETTE, T.; KEITH, M.; JAMES, F. **The common marmoset in captivity and biomedical research**. Cambridge, Massachusetts, USA: Academic Press. p. 289-303, 2018.

BAIN, O. *et al.* Order Spirurida. In: Schmidt-Rhaesa, A. (Ed.), Handbook of Zoology. Gastrotricha, Cycloneuralia and Gnathifera. **Nematoda**, v. 2, p. 661–732, 2014.

BAIN, O. *et al.* Review of the genus *Mansonella* Faust, 1929 sensu lato (Nematoda: Onchocercidae), with descriptions of a new subgenus and a new subspecies. **Zootaxa**, v. 3918, n. 2, p. 151–193, 2015.

BICCA-MARQUES, J.C. *et al.* **Mamíferos do Brasil**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, v. 1, p. 101–148, 2006.

BRAVO-BARRIGA, D. *et al.* *Culex pipiens* as a potential vector for transmission of *Dirofilaria immitis* and other unclassified Filarioidea in Southwest Spain. **Veterinary Parasitology**, v. 15, n. 223, p. 173-80, 2016.

BRUM, F.T. *et al.* Global priorities for conservation across multiple dimensions of mammalian diversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, p. 7641–7646, 2017.

BUENO, M.G. *et al.* Infectious diseases in free-ranging blonde capuchins, *Sapajus flavius*, in Brazil. **International Journal of Primatology**, v. 38, n. 6, p.1017-1031, 2017.

CANIZALES, I.; GUERRERO, R. Artrópodos, protozoos y helmintos parasitos de mamíferos silvestres (Mammalia) de Venezuela. Primates. **Neotropical Primates**, v. 23, p. 16 - 24, 2017.

CHAPMAN, C.A. *et al.* Primates and the ecology of their infectious diseases: how will anthropogenic change affect host-parasite interactions?. **Evolutionary Anthropology**, v. 14, p. 134-144, 2005.

CONGA, D.F. *et al.* First report of filarial nematodes in free-living pitheciid primates. **Systematic Parasitology**, v. 96, p. 257-264, 2019.

CONGA, D.F. *et al.* Occurrence of *Dipetalonema gracile* in a wild population of woolly monkey *Lagothrix poeppigii* in the northeastern Peruvian Amazon. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 27, p. 154–160, 2018.

COSTA, M.D. *et al.* Densidade, tamanho populacional e conservação de primatas em fragmentos de Mata Atlântica no sul do Estado de Minas Gerais, Brasil. Iheringia, **Série Zoologia**, v. 102, n. 1, p. 5-10, 2012.

COSTA, C.H.A. *et al.* Ribosomal, mitochondrial and bacterial (*Wolbachia*) reference sequences for *Dipetalonema gracile* obtained from a wild pied tamarin (*Saguinus bicolor*) host in Manaus, Brazil. **Acta Amazonica**, v. 53, p.130–140, 2023.

DA COSTA, A.P. *et al.* *Acanthocheilonema reconditum* (Spirurida: Onchocercidae) in the oral cavity of a dog in northeastern Brazil: Case report. **Acta Veterinaria**, v. 73, n. 4, p. 519-528, 2023.



DE SOUZA, V. K. *et al.* Emergence of *Mansonella* sp. in free-ranging primates in southern Brazil. **Primates**, v. 64, n. 1, p. 153-159, 2023.

DEVAUX, C.A. *et al.* Infectious Disease Risk Across the Growing Human-Non Human Primate Interface: A Review of the Evidence. **Frontiers in Public Health**, v.7, p.1–22, 2019.

DIAS, C.A. First report of *Mansonella mariae* and *Dipetalonema gracile* in the Amazonian city-dweller threatened primate, *Saguinus bicolor*. **Frontiers in Tropical Diseases**, v. 4. 10.3389/ftd.2023.1080218, 2023.

DOLO, H. *et al.* Filariasis attenuates anemia and proinflammatory responses associated with clinical malaria: a matched prospective study in children and young adults. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 6, n. 1, e1890, 2012.

EBERHARD, M.L.; ORIHEL, T.C. The genus *Mansonella* (syn. *Tetrapetalonema*): a new classification. **Annales de Parasitologie Humaine et Comparée**, v. 59, n. 5, p. 483–496, 1984.

EHLERS, L.P. *et al.* Pathological findings associated with *Dipetalonema* spp. (Spirurida, Onchocercidae) infection in two species of Neotropical monkeys from Brazil. **Parasitology Research**, v. 122, n. 9, p. 1973-1982, 2023.

ERKENSWICK, G.A. *et al.* Temporal and demographic blood parasite dynamics in two free-ranging neotropical primates. **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 6, n. 2, p. 59–68, 2017.

ESTRADA, A. *et al.*, Impending extinction crisis of the world's primates: Why primates matter. **Science Advances**, v. 18, n. 3, e1600946, 2017.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review in Ecology and Systematics**, v. 34, p. 487-515, 2003.

FIGUEIREDO, M.A.P. *et al.* Molecular identification of *Plasmodium* spp. and blood meal sources of anophelines in environmental reserves on São Luís Island, state of Maranhão, Brazil. **Parasites Vectors**, v. 10, n. 203, 2017.

FLEAGLE, J.G. **Primate adaptation and evolution**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 596 p., 1999.

FREITAS, J.F.T. Estudos sobre nematodeos filarídeos *Dipetalonema caudispina* (Molin, 1858). **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 38, p. 361–372, 1943.

GILLESPIE, T.R. *et al.* Integrative approaches to the study of primate infectious disease: implications for biodiversity conservation and global health. **American Journal of Physical Anthropology**, v. suppl 47, p. 53-69, 2008.

ILLIA, G. *et al.* Parasites and Other Infectious Agents in Non-human Primates of Argentina. **Current Tropical Medicine Reports**, v. 9, n. 4, p. 267-277, 2022.

IUCN. Guidelines for Using the IUCN **Red List Categories and Criteria**. Version 15-1.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Prepared by the Standards and Petitions Committee, 2022.

KANNENBERG, A. K. *et al.* Ocorrência de filarídeos parasitos em cães domiciliados e provenientes de abrigo animal de Joinville - Santa Catarina, Brasil. **Medicina Veterinária**, v. 20, e-53529, 2023.

KARESH, W.B. *et al.* Ecology of zoonoses: natural and unnatural histories. **Lancet**, v. 380, n. 9857, p. 1936–1945, 2012.

LABARTHE, N. V. *et al.* Updated canine infection rates for *Dirofilaria immitis* in areas of Brazil previously identified as having a high incidence of heartworm-infected dogs. **Parasites & Vectors**, v. 7, n. 493, p. 1–8, 2014.

LAIDOUDI, Y. *et al.* New molecular data on filaria and its *Wolbachia* from red howler monkeys (*Alouatta macconnelli*) in French Guiana – a preliminary study. **Pathogens**, v.9, n. 626, 2020.

LAIDOUDI, Y. *et al.* *Dipetalonema graciliformis* (Freitas, 1964) from the red-handed tamarins (*Saguinus midas*, Linnaeus, 1758) in French Guiana. **Parasitology**, v. 148, n. 11, p. 1353–1359, 2021.

LEFOULON, E. *et al.* Shaking the tree: multi-locus sequence typing usurps current onchocercid (filarial nematode) phylogeny. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 11, e0004233, 2015.

LEFOULON, E. *et al.* *Pseudoscorpion Wolbachia* symbionts: diversity and evidence for a new supergroup S. **BMC Microbiology**, v. 20, n. 1, p. 188, 2020.

LIGNON, J.S. *et al.* First record of *Dipetalonema graciliformis* (Filarioidea: Onchocercidae) in *Saguinus bicolor* (Spix, 1823) in Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 76, n. 1, p. 155-160, 2024.

LIMA, N.F. *et al.* *Mansonella ozzardi*: a neglected New World filarial nematode. **Pathogens and Global Health**, v. 110, n. 3, p. 97-107, 2016.

LOPES, S. *et al.* Necropsies disclose a low helminth parasite diversity in periurban howler monkeys. **American Journal of Primatology**, v. 84, n. 1, e23346, 2022.

MAGNIS, J. *et al.* Morphometric analyses of canine blood microfilariae isolated by the Knott's test enables *Dirofilaria immitis* and *D. repens* species-specific and *Acanthocheilonema* (syn. *Dipetalonema*) genus-specific diagnosis. **Parasites & Vectors**, v. 6, n. 48, p. 1–5, 2013.

SOUZA, V.K. *et al.* Emergence of *Mansonella* sp. in free-ranging primates in southern Brazil. **Primates**, v. 64, n. 1, p. 153-159, 2023.

MARTINS, M. *et al.* *Mansonella ozzardi* in Amazonas, Brazil: prevalence and distribution in the municipality of Coari, in the middle Solimões River. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 105, p. 246-253, 2010.

MEDEIROS, J.F. *et al.* Inaccurate recording of *Mansonella perstans* in free-ranging



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



primates outside its endemic area in Brazil? **Primates**, v. 64, n. 6, p. 595-597, 2023.

MEDIANNIKOV, O.; RANQUE, S. Mansonellosis, the most neglected human filariasis. **New Microbes and New Infections**, v. 26, n. 10, p. 1016, 2018.

MITTERMEIER, R.A.; RICHARDSON, M. Primate populations, conservation of. **Encyclopedia of Biodiversity**, v. 6, p. 250-260, 2013.

MORALES-HOJAS, R. *et al.* Characterization of nuclear ribosomal DNA sequences from *Onchocerca volvulus* and *Mansonella ozzardi* (Nematoda: Filarioidea) and development of a PCR-based method for their detection in skin biopsies. **International Journal for Parasitology**, v. 31, n. 2, p. 169-177, 2001.

NORONHA, D. *et al.* A survey of new host records for nematodes from mammals deposited in the Helminthological Collection of the Oswaldo Cruz Institute (CHIOC). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19. e.10.1590, 2002.

NOTARNICOLA, J. Filarioidea (Superfamily). In: GARDNER, S. L.; GARDNER, S. A. (eds.). **Concepts in Animal Parasitology**. Lincoln: Zea Books. Cap. 55, 2024.

NOTARNICOLA, J. *et al.* A new species of *Dipetalonema* (Filarioidea: Onchocercidae) from *Ateles chamek* from the Beni of Bolivia. **Journal of Parasitology**, v. 93, p. 661–667, 2007.

NOTARNICOLA, J. *et al.* Host occurrence and geographical distribution of *Dipetalonema* spp. (Nematoda: Onchocercidae) in Neotropical monkeys and the first record of *Dipetalonema gracile* in Ecuador. **Comparative Parasitology**, v. 75, n. 1, p. 61-68, 2008.

NUÑEZ-ITURRI, G.; HOWE, H.F. Bushmeat and the Fate of Trees with Seeds Dispersed by Large Primates in a Lowland Rain Forest in Western Amazonia. **Biotropica**, v. 39, n. 3, p. 348-354, 2007.

NUTMAN TB. Filarial infections. In: Cohen J, Powderly WG, Opal SM, editors. **Infectious Diseases**. Amsterdam: Elsevier; p. 1046–1052, 2016.

PAVIOLO, A. *et al.* A biodiversity hotspot losing its top predator: the challenge of jaguar conservation in the Atlantic Forest of South America. **Scientific Reports**, v. 6, e37147, 2016.

PEREIRA, B. *et al.* Infecção multissistêmica por *Dipetalonema* spp. em um macaco-prego (*Sapajus nigritus*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 24., 2023.

PERES, C.A.; JANSON, C.H. Species coexistence, distribution and environmental determinants of neotropical primate richness: A community-level zoogeographic analysis. In **Primate Communities** (J.G. Fleagle, C.H. Jason & K.E. Reed, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, p.55-74, 1999.

PETIT, G. *et al.* Deux nouvelles filaires chez un singe, *Saimiri sciureus*, au Guyana. **Annales de Parasitologie Humaine et Comparée**, v. 60, p. 65–81, 1985.

PRITT, S. *et al.* Parasitic Diseases. In **The Laboratory Rabbit, Guinea Pig, Hamster, and**



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Other Rodents, 2nd ed.; American College of Laboratory Animal Medicine; Academic Press: London, UK, p. 415–446, 2012.

RAMOS, R.A.N. *et al.* Filarioids infecting dogs in northeastern Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 226, p. 26-29, 2016.

RYLANDS, A.; MITTERMEIER, R. Taxonomy and systematics of the Neotropical primates: a review and update. **Frontiers in Conservation Science**, v. 5, p. 1-13, 2024.

RYLANDS, A. B. *et al.* Neotropical primates: taxonomy and recently described species and subspecies. **International Zoo Yearbook**, v. 46, p. 11–24, 2012.

ROMANO, A.P.M. Febre amarela. In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de animais selvagens: medicina veterinária**. 2. ed. São Paulo: Roca, v. 2, p. 1263-1281, 2014.

SANTOS, P.H. S. *et al.* Emerging and reemerging diseases: a literature review. **Europub Journal of Health Research**, v. 5, n. 1, p. 45-74, 2024.

SCHNEIDER, H.; SAMPAIO, I. The systematics and evolution of New World primates – a review. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 82, p. 348–357, 2015.

SILVA, L.C. Doenças emergentes e reemergentes: uma revisão de literatura. **Europub Journal of Health Research**, v. 5, n. 1, p. 45–74, 2024.

SIMONSEN, P.E. *et al.* *Mansonella perstans* filariasis in Africa. **Acta Tropica**, v. 1, p. 109-120, 2011.

SIMÓN, F. *et al.* Human and animal dirofilariasis: the emergence of a zoonotic mosaic. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 25, p. 507–544, 2012.

SOLÓRZANO-GARCÍA, B.; PÉREZ-PONCE DE LEÓN, G. Parasites of Neotropical Primates: A Review. **International Journal of Primatology**, v. 39, p. 155–182, 2018.

STRAIT, K.S; ELSE, J.G.; Eberhard, M.L. Parasitic Diseases of Nonhuman Primates. In: ABEE, C.R.; MANSFIELD, K.; TARDIF, S.; MORRIS, T. (Eds.) **Nonhuman Primates in Biomedical Research Diseases**. San Diego: Academic Press, p. 197-297, 2012.

TOKARZ, R. *et al.* Characterization of a *Monanema* nematode in *Ixodes scapularis*. **Parasites & Vectors**, v. 13, n. 371, 2020.

VANDERHOEVEN, E. *et al.* First record of *Dipetalonema robini* Petit, Bain & Roussillon 1985 (Nematoda: Onchocercidae) parasitizing *Sapajus nigritus* in northeastern Argentina. **Mastozoología Neotropical**, v. 24, n. 2, p. 483–488, 2017.

VERONA, C.E.; PISSINATTI, A. PRIMATES- Primatas do novo mundo (sagui, macaco-prego, macaco-aranha e muriqui). In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de animais selvagens: medicina veterinária**. 2. ed. São Paulo: Roca. v.1, p. 723-743, 2014.

VICENTE, J.J. *et al.* Nematóides do Brasil. Parte V: nematóides de mamíferos. **Revista**



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Brasileira de Zoologia, v. 14, n. suppl 1, p. 1–452, 1997.

VOTYPKA, J.; BRZONOVA, J.; PETRZELKOVA, K. J. Trypanosomiasis and Filariasis. In: KNAUF, S. & JONES-ENGEL, L. (Eds.) **Neglected Diseases in Monkeys: From the Monkey-Human Interface to One Health**. Switzerland: Springer. cap. 15, p. 343-371, 2020.

WILSON, A. J. *et al.* What is a vector? **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 372, n. 1719, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Neglected tropical diseases**. Geneva: WHO, 2025. Disponível em: <https://www.who.int>. Acesso em: 09 de dez de 2024.

ZÁRATE-RENDÓN, D.A. *et al.* Molecular characterization of *Dipetalonema yatesi* from the black-faced spider monkey (*Ateles chamek*) with phylogenetic inference of relationships among *Dipetalonema* of Neotropical primates. Int **International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife**, v. 13, n. 17, p. 152-157, 2022.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Ocorrência de *Cichla* spp. e *Oreochromis niloticus* nas bacias hidrográficas maranhenses: Revisão de Literatura

Francisca Karoline Marinho Ferreira¹; Eline Silva Lima¹; Fabiano Corrêa²; Maria Claudene Barros³; Elmary da Costa Fraga³

¹Discente do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055- 310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-graduação Biodiversidade, Ambiente e Saúde-PPGBAS, Universidade Estadual do Maranhão, Morro do Alecrim, s/n - Caxias/MA CEP 65.600-000, Caxias – MA.

³Docente do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055- 310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A introdução de espécies não nativas, como os ciclídeos *Cichla* spp. (Tucunaré) e *Oreochromis niloticus* (Tilápia), nas bacias hidrográficas maranhenses representa uma preocupação ecológica, pois ambas demonstram alta adaptabilidade, capacidade reprodutiva, comportamento competitivo e ampla capacidade de dispersão, ocasionando um desequilíbrio na fauna nativa. Neste trabalho revisamos a literatura sobre a presença dessas espécies invasoras no estado do Maranhão, destacando seus impactos ecológicos sobre a ictiofauna local. Considerando que os estudos específicos sobre a introdução desses ciclídeos são relativamente incipientes, a revisão ressalta a necessidade de medidas de monitoramento, prevenção e manejo, junto a programas de educação ambiental, para conter a expansão dessas espécies e preservar os ecossistemas do estado.

Palavras-chave: Maranhão, Tilápia, Tucunaré.

INTRODUÇÃO

O Maranhão apresenta um complexo sistema hidrográfico, composto por bacias e drenagens, como as dos rios Gurupi, Itapecuru, Maracaçumé, Mearim, Munim, Parnaíba, Tocantins, Turiaçu, Preguiças, entre outras (IMESC, 2019). O estado abriga três dos principais biomas brasileiros: Amazônia, Caatinga e Cerrado, além de suas zonas de transição. Nesse contexto, a ictiofauna local é destaque não apenas pela sua importância econômica, mas também pelo papel fundamental que desempenha na manutenção do equilíbrio ecológico (Guimarães *et al.*, 2020).

Entretanto, essa diversidade aquática enfrenta ameaças crescentes devido a introdução de espécies não nativas, impulsionada por ações antrópicas como a piscicultura, a aquicultura e a pesca esportiva (Souza *et al.*, 2008; Diamante *et al.*, 2021). A introdução dessas espécies altera significativamente as interações ecológicas, comprometendo a estabilidade das comunidades nativas e colocando em risco a fauna local (Agostinho; Julio, 1996; Vitule *et al.*, 2009; Fragoso-Moura *et al.*, 2016).

Poucos ecossistemas de água doce permanecem livres dessas invasões (Rahel, 2007)



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



e as bacias hidrográficas do Maranhão também já registram essas ocorrências. Entre as espécies invasoras destacam-se os ciclídeos africanos e amazônicos (Brito *et al.*, 2019; Monroe *et al.*, 2023), predadores ativos que, frequentemente, são introduzidos para fins comerciais ou recreativos (Fugi *et al.*, 2008). Dentre os ciclídeos invasores, os gêneros *Cichla* spp., nativo da região amazônica (Kullander; Ferreira, 2006; Sabaj *et al.*, 2020) e *Oreochromis* sp. originário da África (Monroe *et al.*, 2023), têm se destacado pela capacidade de adaptação, eficiência reprodutiva e competitividade, características que facilitam sua rápida dispersão nos ambientes invadidos (Pivello *et al.*, 2024).

Considerando a ampla introdução das espécies do gênero *Cichla* spp. (Tucunaré) e o *Oreochromis niloticus* (Tilápia) na ictiofauna maranhense (Monroe *et al.*, 2023), fora de suas áreas naturais de distribuição (Monteiro, 2022), este estudo propõe uma revisão de literatura sobre ocorrência desses ciclídeos nas bacias hidrográficas do estado. O objetivo é evidenciar a presença dessas espécies no Maranhão e, assim, fornecer subsídios para o desenvolvimento de estratégias eficazes de controle e manejo dessas invasões.

Ictiofauna maranhense

O Maranhão se destaca no cenário nacional devido à sua biodiversidade, tanto terrestre quanto aquática (Isaac; Ferrari, 2017). Essa riqueza está relacionada à sua posição geográfica, o que o torna extremamente relevante em diversidade ecológica, e de grande interesse para a conservação (Piorski, 2010; Miranda *et al.*, 2012). Por essa razão, é considerado como uma das regiões do país com a maior variedade faunística e florística (Muniz, 2006; Isaac; Ferrari, 2017).

A extensa rede hidrográfica do Maranhão abriga uma rica ictiofauna, com 287 espécies de peixes de água doce descritas (Guimarães *et al.*, 2020; Koerber *et al.*, 2023). No entanto, há uma necessidade de mais estudos sobre a fauna de peixes no estado, o que evidencia lacunas no conhecimento científico dessa biodiversidade (Castro-Souza *et al.*, 2024). Essas limitações como taxonomia problemática, desconhecimento acerca da distribuição espacial das espécies, bem como da dinâmica populacional (Cardoso *et al.*, 2011; Castro-Souza *et al.*, 2024) dificultam a implementação de medidas de conservação da fauna nativa, principalmente diante da introdução de espécies de peixes não nativas, que pode ocasionar desequilíbrios ecológicos e até inviabilizar manejo das espécies endêmicas (Agostinho; Julio, 1996).

Neste contexto, o conhecimento da ictiofauna é uma abordagem funcional e eficaz para avaliar a influência dos impactos ambientais antrópicos nos ecossistemas aquáticos,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



incluindo a introdução de espécies não nativas (Silva *et al.*, 2019). A identificação da composição e estrutura das assembleias de peixes permite inferir como essas pressões antrópicas afetam as espécies nativas e a integridade ecológica dos ambientes. (Azevedo *et al.*, 2017).

Espécies não nativas na biodiversidade aquática

A introdução de espécies não nativas é considerada a segunda maior causa da redução da biodiversidade no mundo, conforme dados da *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). Esses táxons causam impactos significativos e, muitas vezes, irreversíveis nos ecossistemas aquáticos, modificando interações ecossistêmicas e promovendo desequilíbrios ecológicos (Carpenter; Kitchell, 1996; Bellay *et al.*, 2016).

A perda da diversidade em ambientes de água doce é preocupante, dado que os impactos nessas áreas tendem a ser mais rápidos do que em ecossistemas terrestres, além de ainda não serem plenamente compreendidos em termos biológicos (Geist, 2011; Cazzolla Gatti, 2016). Essa preocupação também se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial ao ODS 14, que trata da conservação dos ecossistemas aquáticos, e a meta do objetivo 15.8, que propõe ações para prevenir e controlar a introdução de espécies invasoras (ONU, 2015).

No Brasil, a invasão biológica é observada até mesmo nas unidades de conservação (UC), onde as espécies não nativas têm se estabelecido e se dispersado (Sampaio; Schmidt, 2013; Vieira *et al.*, 2023). Diante dos avanços na criação de áreas protegidas, a prevenção da bioinvasão tornou-se um dos principais desafios no último século. Entre 1984 e 2019, estima-se que cerca de US\$104,33 bilhões foram gastos mundialmente em decorrência de perdas causadas por espécies invasoras (Adelino *et al.*, 2021). Além disso, esse processo é responsável pela redução de 50% das espécies de peixes nativos no mundo (Sampaio; Schmidt, 2013).

A ocorrência de espécies de peixes não nativos geralmente resulta de introduções intencionais ou acidentais (Latini *et al.*, 2016; Rocha *et al.*, 2023). Esses invasores competem diretamente com as espécies nativas endêmicas por recursos alimentares, território e abrigo, apresentando adaptabilidade às condições ambientais e elevada eficiência reprodutiva. Dentre os exemplos mais relevantes, está o *Cichla* spp. (Tucunaré), utilizado na pesca esportiva (Pelicice; Agostinho, 2009; Kovalenko *et al.*, 2010), e *Oreochromis niloticus* (Tilápia), amplamente utilizada na aquicultura (Latini *et al.*, 2016).

Impactos ecológicos da introdução de *Cichla* spp. e *Oreochromis niloticus*



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Os peixes não nativos representam uma grande preocupação, especialmente por seu potencial de reduzir ou eliminar populações locais, modificando permanentemente a estrutura das assembleias de peixes (Sharpe *et al.*, 2017; Marshall, 2018). Espécies de ciclídeos, como espécies de *Cichla* e *Oreochromis niloticus* tem gerado significativos impactos ecológicos em várias regiões do Brasil (Agostinho *et al.*, 2005; Agostinho *et al.*, 2021), inclusive nas bacias hidrográficas maranhenses como do rio Itapecuru, Preguiças, Mearim, entre outras.

As espécies do gênero *Cichla*, popularmente conhecidas como Tucunarés, são peixes piscívoros, predadores de topo, que prejudicam a fauna de peixes nativos em diferentes ecossistemas (Agostinho *et al.*, 2021). Sua adaptabilidade, plasticidade alimentar, cuidado parental e alta eficiência reprodutiva favorecem sua persistência e dispersão fora de sua área nativa (Souza *et al.*, 2008; Carvalho *et al.*, 2014). A presença do Tucunaré pode levar a uma forte redução na riqueza e abundância de espécies nativas, impactando negativamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas invadidos (Pelicice; Agostinho, 2009).

O outro ciclídeo de água doce de ampla distribuição invasiva é *Oreochromis niloticus* (Tilápia), que também representa uma ameaça aos ecossistemas e a biodiversidade nativa por ser um forte competidor, provocando mudanças nas interações tróficas da comunidade local (Ogutu-ohwayo; Hecky, 1991; Britton; Orsi, 2012). As tilápias são onívoras oportunista, com dieta altamente adaptável as condições ambientais, o que amplia seu sucesso ecológico (Starling *et al.*, 2002). Sua introdução pode reduzir a densidade de espécies nativas (Leão *et al.*, 2011) e impactar a biota de água doce e salobra, competindo por alimentos, nichos e outros recursos, e atuando como vetores de patógenos (Moreira; Silva, 2023). Sua alta tolerância a variações ambientais, combinando a grande capacidade reprodutiva e cuidado parental, favorece sua rápida proliferação (Cucherousset; Olden, 2011).

Nas bacias hidrográficas maranhenses, a presença de *Cichla* spp. e *Oreochromis niloticus* tem sido registrada em diversas localidades no estado, incluindo as bacias dos rios Itapecuru, Mearim, Preguiças, Munim, Peria e Parnaíba (Barros *et al.*, 2011; Brito *et al.*, 2019; Guimarães *et al.*, 2020; Almeida *et al.*, 2021; Ferreira *et al.*, 2022; Vieira *et al.*, 2023; Monroe *et al.*, 2023). A presença simultânea desses ciclídeos invasores é motivo de preocupação ambiental não apenas pelos impactos ecológicos diretos, mas também pela possibilidade de hibridização com espécies nativas, como já observado entre *Cichla monoculus* e *Cichla kelberi* em rios brasileiros (Diamante *et al.*, 2021), resultando na perda da variabilidade genética natural e alterações nos padrões evolutivos das populações locais



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



(Allendorf *et al.*, 2022). Consequentemente, tais alterações podem levar a extinção de uma ou mais espécies endêmicas, comprometendo a integridade da biótica local (de Moura Britto; Patrocínio, 2006).

Os impactos causados por espécies não nativas geralmente só se tornam perceptíveis quando a invasão já atingiu um estágio avançado, momento em que os danos ao ecossistema se tornam irreversíveis. Por isso, é essencial a análise criteriosa dos mecanismos de invasão, bem como as características biológicas e comportamentais das espécies invasoras, a fim de subsidiar estratégias de manejo eficazes (Vitule *et al.*, 2009; Moreira; Silva, 2023). Além disso, é de grande relevância entender os impactos nos ciclos biológicos, cadeias alimentares e interações ecológicas no novo habitat (Casimiro *et al.*, 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o padrão de introdução de *Cichla* spp. e *Oreochromis niloticus* nas bacias hidrográficas maranhenses, geralmente está associado a ações humanas, mencionado nesta revisão persista, é provável que novas introduções de espécies não nativas continuem ocorrendo nos próximos anos, agravando os impactos à biodiversidade aquática local. Dada a escassez de estudos específicos sobre os impactos desses ciclídeos na ictiofauna maranhense, é fundamental ter informações que auxiliem na elaboração de estratégias de manejo que priorizem tanto a prevenção quanto a contenção de invasões já estabelecidas.

Nesse sentido, é imprescindível fortalecer ações de monitoramento, desenvolver inventários contínuos da fauna e estimular a atuação da população através da educação ambiental. Tais medidas podem contribuir significativamente para redução dos impactos ecológicos e para conservação dos ecossistemas aquáticos do Maranhão.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/ CAPES (Código de Financiamento 001). À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão/FAPEMA pela concessão da bolsa de mestrado a Francisca Karoline Marinho Ferreira.

REFERÊNCIAS

ADELINO, J.R.P. *et al.* The economic costs of biological invasions in Brazil: a first assessment. **NeoBiota**, v. 67, p. 349-374, 2021.

AGOSTINHO, A.A.; JÚLIO, H.F. Peixes de outras águas. **Ciência hoje**, v.21, n.124, p. 36-45, 1996. Disponível em: <https://repositorio.uem.br:8080/jspui/handle/1/5251>.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



AGOSTINHO, A.A. *et al.* Biodiversidade e introdução de espécies de peixes: unidades de conservação. **Unidades de conservação: ações para valorização da biodiversidade.** Instituto Ambiental do Paraná, Curitiba, p. 95-117, 2005.

AGOSTINHO, A.A. *et al.* Introduced Cichlids in the Americas: Distribution Patterns, Invasion Ecology, and Impacts. In: Abate, M.E., Noakes, D.L. (eds) **The Behavior, Ecology and Evolution of Cichlid Fishes. Fish & Fisheries Series.** Springer, Dordrecht, v.40, p. 313-361, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-94-024-2080-7_10.

ALLENDORF, F.W. *et al.* 'Hybridization', **Conservation and the Genomics of Populations**, 3^a ed. Oxford, Academic, edição online, 21 de abril de 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/oso/9780198856566.003.0013>.

ALMEIDA, M.S. *et al.* Identificação molecular de tucunarés (Cichlidae, Perciformes) introduzidos em bacias hidrográficas maranhenses através do DNA mitocondrial. Coletânea Estudos Ambientais e Agronômicos: resultados para o Brasil, Nobre, Camila Pinheiro, Oliveira, Anna Christina Sanazario (Org). São Luís – Editora Pascal, p. 79 – 90, 2021.

AZEVEDO, M.C.C. *et al.* Taxonomic and functional distinctness of the fish assemblages in three coastal environments (bays, coastal lagoons and oceanic beaches) in Southeastern Brazil. **Marine Environmental Research**, v. 129, p. 180-188, 2017.

BARROS, M.C. *et al.* Fishes from the Itaipucu River basin, state of Maranhão, northeast Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 2, p. 375-380, 2011.

BELLAY, S. *et al.* Introdução de espécies em ecossistemas aquáticos: causas, prevenção e medidas de controle. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 181-201, 2016.

BRITO, P.S. *et al.* Freshwater fishes of the Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses and adjacent areas. **Biota Neotropica**, v. 19, n. 3, p. e20180660, 2019.

BRITTON, J.R.; ORSI, M.L. Non-native fish in aquaculture and sport fishing in Brazil: economic benefits versus risks to fish diversity in the upper River Paraná Basin. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 22, p. 555-565, 2012.

CARDOSO, P. *et al.* The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. **Biological conservation**, v. 144, n. 11, p. 2647-2655, 2011.

CARPENTER, S.R.; KITCHELL, J.F. (Ed.). **The trophic cascade in lakes.** Cambridge University Press, p.196-199, 1996.

CARVALHO, D.C. *et al.* Analysis of propagule pressure and genetic diversity in the invasibility of a freshwater apex predator: the peacock bass (genus *Cichla*). **Neotropical Ichthyology**, v. 12, n. 01, p. 105-116, 2014.

CASTRO-SOUZA, R.A. *et al.* O (Des)conhecimento da Biodiversidade: uma Sistematização sobre Lacunas, Limitações, Vieses, Déficits e Ruídos. **Oecologia Australis**, v. 28, p. 159-177, 2024.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



CASIMIRO, A.C. *et al.* Os impactos das introduções de espécies exóticas em sistemas aquáticos continentais. In: **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**, v. 38, n.1, p. 1-10, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/235411882>.

CAZZOLLA GATTI, R. Freshwater biodiversity: A review of local and global threats. **International Journal of Environmental Studies**, v. 73, n. 6, p. 887-904, 2016.

CUCHEROUSSET, J.; OLDEN, J.D. Ecological impacts of nonnative freshwater fishes. **Fisheries**, v. 36, n. 5, p. 215-230, 2011.

DE MOURA-BRITTO, M.; PATROCÍNIO, D.N.M.A fauna de espécies exóticas no Paraná: contexto nacional e situação atual. **Unidades de Conservação**, v.1, p. 53-94, 2006.

DIAMANTE, N.A. *et al.* Genomic markers confirm introgressive hybridization in *Cichla* (Teleostei) in an invaded coastal system. **International Review of Hydrobiology**, v. 106, n. 1, p. 48-57, 2021.

GEIST, J. Integrative freshwater ecology and biodiversity conservation. **Ecological Indicators**, v. 11, n. 6, p. 1507-1516, 2011.

GUIMARÃES, E.C. *et al.* An inventory of ichthyofauna of the Pindaré river drainage, Mearim river basin, northeastern Brazil. **Biota Neotropica**, v. 20, n. 4, p. e20201023, 2020.

FERREIRA, F.K.M. *et al.* **Variabilidade genética de tucunarés (Cichlidae, Cichliformes) introduzidos na bacia do rio Mearim/MA.** Coletânea SEMIC [recurso eletrônico] - UEMA produzindo conhecimento (Ciclo 2020-2021): Ciências Agrárias, Ciências Biológicas, Ciências da Saúde, Engenharias, Ciências Exatas e da Terra, volume 1 / organizadoras Marina Bezerra Figueiredo, Eliane Pinheiro de Sousa e Rita de Maria Seabra Nogueira. – São Luís: Editora UEMA, p.543-563, 2022.

FRAGOSO-MOURA, E.N., *et al.* Loss of biodiversity in a conservation unit of the Brazilian atlantic Forest: The effect of introducing non-native fis species. **Brazilian Journal of Biology**. v.76, n. 1, p.18-27; 2016.

FUGI, R. *et al.* Trophic interaction between an introduced (peacock bass) and a native (dogfish) piscivorous fish in a Neotropical impounded river. **Hydrobiologia**, v. 607, p. 143-150, 2008.

INSTITUTO MARANHENSE DE ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS E CARTOGRÁFICOS - IMESC. Zonificação do território – etapa Bioma Amazônico. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos-IMESC. São Luís: IMESC, 143p, 2019.

ISAAC, V.J.; FERRARI, S.F. Assessment and management of the north Brazil shelf large marine ecosystem. **Environmental Development**, v. 22, p. 97-110, 2017.

Koerber, S. *et al.* CLOFFBR-MA-update 1-supplement to Checklist of the freshwater fishes of Maranhão, Brazil. **Ichthyological Contributions of PecesCriollos**, v.84, p. 1-13, 2023.
KOVALENKO, K.E. *et al.* Recognition of non-native peacock bass, *Cichla kelberi* by native prey: testing the naiveté hypothesis. **Biological Invasions**, v. 12, p. 3071-3080, 2010.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



KULLANDER, S.O.; FERREIRA, E.J.G. A review of the South American cichlid genus *Cichla*, with descriptions of nine new species (Teleostei: Cichlidae). **Ichthyological Exploration of Freshwaters**, v. 17, n. 4, p. 289-398, 2006.

LATINI, A.O. *et al.* (Ed.). **Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. p. 293-627, 2016.

LEÃO, T. *et al.* Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. Cepan, Recife, p. 9-14, 2011.

MARSHALL, B.E. Guilty as charged: Nile perch was the cause of the haplochromine decline in Lake Victoria. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 75, n. 9, p. 1542-1559, 2018. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1139/cjfas-2017-0056>.

MIRANDA, J.P. *et al.* Reptiles from Lençóis Maranhenses National Park, Maranhão, northeastern Brazil. **ZooKeys**, v. 246, p. 51-68, 2012.

MONROE, T.G.R. *et al.* Inventory reveals non-native species and variation in spatial-temporal dynamics of fish community in a Brazilian protected area. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e274232, 2023.

MONTEIRO, L.C. Estrutura populacional de espécies do gênero *Cichla* (Osteichthyes: Cichliformes) introduzidas em diferentes regiões brasileiras: uma Revisão Bibliográfica. **Biodiversidade Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 1-11, 2022.

MOREIRA, E.A.; SILVA, D.P. Uma dúzia de peixes: algumas espécies exóticas invasoras encontradas em águas brasileiras e seus impactos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 24, p. e-74647E, 2023.

MUNIZ, F.H.A vegetação da região de transição entre a Amazônia e o Nordeste, diversidade e estrutura. **Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: atributos, alterações e uso na produção familiar**, v. 1, p. 53-69, 2006.

OGUTU-OHWAYO, R.; HECKY, R.E. Fish introductions in Africa and some of their implications. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 48, n. S1, p. 8-12, 1991.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/14>.

PELICICE, F.M.; AGOSTINHO, A.A. Fish fauna destruction after the introduction of a non-native predator (*Cichla kelberi*) in a Neotropical reservoir. **Biological Invasions**, v. 11, n. 8, p. 1789-1801, 2009.

PIORSKI, N.M. Diversidade genética e filogeografia das espécies *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) e *Prochilodus lacustris* Steindachner, 1907 no Nordeste do Brasil, p. 153, 2010.

PIVELLO, V.R. *et al.* Impactos de espécies exóticas invasoras sobre as contribuições da natureza para as pessoas (CNP), o desenvolvimento sustentável e a boa qualidade de vida.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



In: DECHOUM, M. S.; JUNQUEIRA, A. O. R.; ORSI, M. L. (org.). **Relatório temático sobre espécies exóticas invasoras, biodiversidade e serviços ecossistêmicos**. São Carlos: Editora Cubo, cap. 4, p. 133-184, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/978-65-00-87228-6.cap4>.

RAHEL, F.J. Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: it's a small world after all. **Freshwater biology**, v. 52, n. 4, p. 696-710, 2007.

ROCHA, B.S. *et al.* Non-native fishes in Brazilian freshwaters: identifying biases and gaps in ecological research. **Biological Invasions**, v. 25, n. 5, p. 1643-1658, 2023.

SABAJ, M.H. *et al.* *Cichla cataractae* (Cichliformes: Cichlidae), new species of peacock bass from the Essequibo Basin, Guyana and Venezuela. **Proceedings of the Academy of Nature Sciences of Philadelphia**, v. 167, n. 1, p.69–86, 2020.

SAMPAIO, A.B.; SCHMIDT, I.B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.

SHARPE, D.M.T. *et al.* Tropical fish community does not recover 45 years after predator introduction. **Ecology**, v. 98, n. 2, p. 412-424, 2017. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1002/ecy.1648>.

SILVA, V.E.L. *et al.* Functional traits of fish species: Adjusting resolution to accurately express resource partitioning. **Frontiers in Marine Science**, v. 6, p. 303, 2019.

SOUZA, J.E. *et al.* Population structure and reproductive biology of *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae) in Lobo Reservoir, Brazil. **Neotropical ichthyology**, v. 6, n. 2 p. 201-210, 2008.

STARLING, F. *et al.* Contribution of omnivorous tilapia to eutrophication of a shallow tropical reservoir: evidence from a fish kill. **Freshwater Biology**, v. 47, n. 12, p. 2443-2452, 2002.

VIEIRA, L. O. *et al.* Checklist of the fish fauna of the Munim River Basin, Maranhão, north-eastern Brazil. **Biodiversity Data Journal**, v. 11, 2023.

VITULE, J.R.S. *et al.* "Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. **Fish and Fisheries**, v.10, n.1, p. 98-108, 2009.



Ocorrência e diversidade parasitária de monogenea em peixes de cultivo e de ambientes naturais da Amazônia Oriental

Denise da Silva Sousa¹; Ellainy Maria Conceição Silva¹; Débora Martins Silva Santos²;
Alicina Vieira de Carvalho Neta³

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055 310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Centro de Educação, Ciências Exatas e Naturais, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055 310 São Luís, MA, Brasil.

³Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055 310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

Os estudos da ocorrência e diversidade de monogenéticos em peixes de cultivo e ambientes naturais da Amazônia Oriental são essenciais para compreender as dinâmicas ecológicas dessa região. No entanto, a quantidade de pesquisas ainda é insipiente, desta forma, o trabalho teve como objetivo fazer um levantamento de trabalhos científicos de 2016 a 2025 sobre a ocorrência e diversidade de monogenéticos em peixes de cultivo e ambientes naturais da Amazônia Oriental, Brasil, que inclui os estados do Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso. Utilizou-se como estratégia metodológica a busca por pesquisas científicas nas bases de dados *Web Of Science*, *Scopus*, *SciELO* e *Pubmed*, no período de 2016 a 2025, com o intuito de reunir informações sobre o tema. Os resultados foram separados por categoria de agente etiológico pela diversidade de espécies e área de estudo nas pesquisas investigadas. Os resultados obtidos revelam a presença 36 diferentes espécies de monogenea descritas entre hospedeiros de diferentes ordens e famílias. Além disso, o levantamento revelou que a maioria dos estudos e descrição de parasitas ocorrem no Amapá, mas nenhum estudo foi encontrado no Mato Grosso e ainda são poucos os trabalhos realizados no Maranhão e Tocantins. Apesar dos avanços, há uma clara lacuna de estudos que fazem a descrição taxonômica de espécies, especialmente considerando a vastidão e complexidade da região amazônica. Esse déficit destaca a necessidade de pesquisas contínuas e abrangentes na região.

Palavras-chave: Ectoparasitas, Piscicultura, Infecção parasitária.

INTRODUÇÃO

Atualmente a aquicultura produz quase 50% dos peixes consumidos pela população, e esta porcentagem deverá aumentar para atender à demanda crescente. A aquicultura mundial está concentrada em regiões tropicais e subtropicais, sendo ainda o setor de produção de alimentos que mais cresce e está rapidamente se tornando a principal fonte de pescados para a dieta humana, desempenhando um papel essencial no esforço de abastecimento a partir do aumento da demanda por proteína de origem animal (FAO, 2020).

A piscicultura no Brasil vem crescendo e ganhando mercado de maneira robusta nos últimos anos devido aos avanços com relação a elevada produção e profissionalização



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



do setor. Esse crescimento está diretamente relacionado à demanda do mercado, haja vista que o Brasil produziu 887.029 toneladas de peixes de cultivo em 2023, com crescimento de 3,1% sobre o resultado do ano anterior (860.355 toneladas), de acordo com levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR, 2024).

Diante deste cenário no país, a região da Amazônia Oriental brasileira que inclui os estados do Pará, Maranhão, Amapá, Tocantins e Mato Grosso merecem destaque, uma vez que juntos produzem cerca de 137.029t de peixes da aquicultura brasileira (Peixes BR, 2024).

Nos últimos anos, novas técnicas com ciclos de produção acelerados têm sido implementadas impulsionadas pela demanda crescente por eficiência e produtividade. No entanto, esses avanços tecnológicos também têm trazido uma série de desafios, especialmente relacionados à saúde e ao bem-estar dos animais envolvidos (Negreiros; Tavares-Dias, 2019).

Problemas relacionados ao manejo inadequado e baixa qualidade da água são frequentes em pisciculturas intensivas. As condições estressantes causadas por esses fatores tornam os peixes suscetíveis às doenças infecciosas e parasitárias (Cavalcanti *et al.*, 2020; Bertaglia *et al.*, 2023).

Dentre os diversos grupos de agentes etiológicos que apresentam importância na produção e comercialização de peixes, os ectoparasitas monogenéticos se destacam (Tavechio; Guidelli; Portz, 2018). Os monogenéticos são ectoparasitas que causam problemas na produção de peixes devido aos impactos que causam nos hospedeiros comprometendo a qualidade do pescado e à dificuldade de controle ou tratamento no ambiente de produção (Bertaglia *et al.*, 2023).

A infecção causada por monogenéticos está entre as mais importantes para a aquicultura (Takemoto *et al.*, 2013). A ocorrência desses parasitas e seus impactos, tem sido descrita tanto para animais provenientes de ambientes naturais quanto em pisciculturas em todas as regiões do país (Conselho Regional MedVet MG, 2022).

A ação patogênica dos monogenéticos está entre as mais variadas, a presença do parasito pode causar alterações no comportamento dos peixes como: natação errática, letargia, hipersecreção de muco (corporal e das brânquias); concentrações prolongadas na superfície e/ou na entrada de água dos tanques de criação (Noga; Smith; Ottesen, 2010). Em animais com alta carga parasitária é frequente observar redução significativa da quantidade de alimento ingerido, acompanhado de evidente perda de peso corporal (Ogawa, 2015).

O conhecimento da ocorrência e diversidade de monogenéticos em peixes de



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



cultivo e ambientes naturais da Amazônia Oriental é essencial para compreender as dinâmicas ecológicas dessa região. Esses parasitas, conhecidos por sua especificidade a determinados hospedeiros, impactam diretamente a sanidade e bem-estar dos peixes, e são influenciados por condições ambientais locais, como qualidade da água e práticas de manejo. Elaborar um perfil epidemiológico desses parasitas é importante para mapear a distribuição e os níveis de infecção por monogenéticos, identificar novos parasitas e hospedeiros, e prever surtos que possam afetar a aquicultura e os ecossistemas naturais.

Além disso, este perfil epidemiológico serviria como base para o desenvolvimento de estratégias eficientes de prevenção, controle e manejo, possibilitando a sustentabilidade da aquicultura na região e a preservação dos recursos naturais. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo fazer um levantamento de trabalhos científicos sobre a ocorrência e diversidade parasitária de monogenéticos em peixes de cultivo e ambientes naturais da Amazônia Oriental, Brasil.

METODOLOGIA

A pesquisa bibliográfica envolveu o levantamento de dados referentes ao período de 2016 a 2025, a respeito da ocorrência e diversidade de monogenéticos em peixes tanto de cultivo quanto de ambientes naturais. Dessa forma, foi executada uma busca nas bases de dados *Web of Science*, *Scopus*, *Scielo* e *Pubmed*, com uso dos descritores “monogenea”, “and” e “Brazil”.

Os critérios empregados para a seleção das pesquisas foram a abordagem do tema pesquisado restrito a região da Amazônia Oriental, Brasil, artigo completo, publicados nos idiomas português, inglês e espanhol, no período de 2016 a 2025. Foram obtidos um total de 250 artigos, sendo que por meio dos critérios utilizados na verificação bibliográfica, e após a leitura do título e resumo para a delimitação da área geográfica escolhida, foram selecionados 22 trabalhos; em seguida esse número foi reduzido para 17, pois alguns artigos não trouxeram informações taxonômicas a nível de gênero ou espécie.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do levantamento bibliográfico contendo as espécies de *Monogenea*, hospedeiros e área de estudo estão sumarizados na tabela 1.

Tabela 1. Relação de monogenea, hospedeiros e distribuição geográfica na Amazônia Oriental brasileira de 2016 a 2025, obtidos por levantamento bibliográfico.

Classe Monogenea	Hospedeiro	Área de estudo	Referência
<i>Unilatus unilatus</i> , <i>Trinigyrus mourei</i> <i>Gussevia disparoides</i> , <i>Gussevia alioides</i> , <i>Gussevia elephus</i> , <i>Gussevia spilocirra</i> , <i>Sciadicleithrum geophagi</i> , <i>Sciadicleithrum joanae</i> , <i>Sciadicleithrum</i> <i>satanopercae</i> , <i>Gussevia asota</i>	<i>Ancistrus</i> sp. <i>Triportheus rotundatus</i>	Bacia do Igarapé Fortaleza (Amapá)	Baia <i>et al.</i> , 2018
<i>Curvianchoratus</i> <i>psectrogasteri</i> sp. nov., <i>Curvianchoratus</i> <i>dominguesi</i> sp. nov., <i>Curvianchoratus</i> <i>singularis</i>	<i>Psectrogaster</i> <i>amazonica</i>	Rio Tocantins (Maranhão)	Bezerra <i>et al.</i> (2023)
<i>Dermidospermus</i> <i>brachyplatystimae</i> <i>D. araguiensis</i>	<i>Brachyplatystoma</i> <i>vaillantii</i>	Bacia do Igarapé Fortaleza (Amapá)	Brito-Júnior; Tavares- Dias (2021)
<i>Cosmetocleithrum</i> <i>berecae</i> , <i>Cosmetocleithrum nunani</i> , <i>Demidospermus</i> <i>tocantinenses</i> , <i>Auchenipterus nuchalis</i>	<i>Auchenipterus nuchalis</i>	Rio Itaueiras, Arraias e Rio dos Mangues (Tocantins)	Cohen <i>et al.</i> (2020)
<i>Sciadicleithrum geophagi</i> , <i>Gussevia spiralocirra</i> , <i>Sciadicleithrum juruparii</i> , <i>Gyrodactylus</i> sp	<i>Geophagus camopiensis</i> <i>Pterophyllum scalare</i> , <i>Satanoperca acuticeps</i> <i>Satanoperca jurupari</i>	Bacia do rio Matapi (Amapá)	Ferreira-Sobrinho e Tavares-Dias (2016)
<i>Jainus hexops</i> , <i>Tereancistrum</i> sp.	<i>Hemibrycon</i> <i>surinamensis</i>	Bacia Igarapé Fortaleza (Amapá)	Hoshino e Tavares-Dias (2019)
<i>Demidospermo</i> sp.	<i>Pimelodus ornatos</i>	Rio Amazonas (Amapá)	Lima; Oliveira; Tavares- Dias (2021)
<i>Ameloblastella pirarara</i> sp. n.	<i>Phractocephalus</i> <i>hemiolepterus</i>	Igarapé Jari no Rio Tapajós (Pará)	Mathews <i>et al.</i> (2021)
<i>Diaphorocleidus</i> <i>altamirensis</i> sp. nov	<i>Argonectes robertsi</i>	Rio Xingu (Pará)	Moreira; Scholz; Luque (2016)
<i>Sciadicleithrum</i> <i>araguariensis</i> , <i>Sciadicleithrum joanae</i> , <i>Sciadicleithrum</i> <i>satanopercae</i> .	<i>Crenicichla strigata</i>	Bacia do Rio Jari (Amapá)	Mota Júnior <i>et al.</i> (2024)
<i>Anacanthorus</i> <i>gravihamulatus</i> , <i>Notozothecium minor</i> , <i>Notozothecium</i> <i>penetrarum</i>	<i>Serrasalmus rhombeus</i> <i>Plagioscion</i> <i>squamosissimus</i>	Rio Matapi (Amapá)	Neves <i>et al.</i> (2020)

<i>Diplectanum piscinarius</i> , <i>Euryhaliotrema succedanus</i> , <i>Aetheolabes goeldiensis</i>	<i>Plagioscion surinamensis</i>		
<i>Euryhaliotrema succedanus</i>	<i>Metynnis lippincottianus</i>		
<i>Anacanthorus jegui</i>	<i>Astyanax bimaculatus</i>		
<i>Urocleidoides astyanacis</i> <i>Urocleidoides strombicirrus</i>	<i>Curimata incompta</i>		
<i>Urocleidoides spp.</i>			
<i>Gussevia arilla</i> , <i>Gussevia longihaptor</i> , <i>Gussevia tucunarensis</i> , <i>Gussevia undulata</i> , <i>Sciadicoleithrum ergensi</i> , <i>Sciadicoleithrum umbilicum</i> , <i>Sciadicoleithrum uncinatum</i>	<i>Cichla monoculus</i>	Rio Tapajós (Pará) Rio Jari (Amapá)	Oliveira et al. (2018)
<i>Tucunarella cichlae</i>	<i>Cichla monoculus</i>	Rio Tapajós (Pará)	
<i>Gussevia undulata</i> , <i>Sciadicoleithrum umbilicum</i> , <i>Sciadicoleithrum uncinatum</i> , <i>Tucunarella cichlae</i> , <i>Sciadicoleithrum geophagi</i> , <i>Sciadicoleithrum satanopercae</i>	<i>Cichla melaniae</i> , <i>Geophagus altifrons</i> , <i>Geophagus argyrostictus</i> <i>Satanoperca sp.</i>	Rio Xingu (Pará)	Paschoal et al. (2016)
<i>Gussevia undulata</i> , <i>Sciadicoleithrum umbilicum</i> , <i>Sciadicoleithrum uncinatum</i> , <i>Tucunarella cichlae</i> , <i>Sciadicoleithrum geophagi</i> , <i>Sciadicoleithrum satanopercae</i>	<i>Cichla temensis</i> , <i>Geophagus proximus</i> , <i>Satanoperca jurupari</i> <i>Crenicichla labrina</i>	Rio Araguari (Amapá)	
<i>Sciadicoleithrum araguariensis</i>	<i>Crenicichla labrina</i>		
<i>Sciadicoleithrum edgari</i>	<i>Satanoperca jurupari</i>		
<i>Ligophorus brasiliensis</i>	<i>Mugil curema</i>	Reserva Ecológica Maracá-Jipiôca (Amapá)	Santos et al. (2021)

<i>Cosmetocleithrum undulatum</i> n. sp. <i>Cosmetocleithrum brachylecis</i> n. sp. <i>Cosmetocleithrum ludovicense</i> n. sp.	<i>Platydoras brachylecis</i>	São Luís (Maranhão)	Silva et al. (2023)
<i>Jainus hexops</i> <i>Tereancistrum ornatus</i> .	<i>Hemibrycon surinamensis</i>	Rio Matapi (Amapá)	Sousa; Oliveira; Tavares-Dias (2019)
<i>Gussevia spilocirra</i> <i>Gussevia elephus</i> .	<i>Chaetobranchus flavescens</i>	Bacia do rio Igarapé Fortaleza (Amapá)	Tavares-Dias et al. (2018)

Monogenea é uma classe de ectoparasitas de organismos aquáticos pertencentes ao filo Platyhelminthes, encontrados principalmente na pele, barbatanas e brânquias dos peixes. A classificação taxonômica dos monogenéticos inclui três subclasses: Polyonchoinea, Polystomatoinea e Oligochoinea. As famílias Dactylogyridae e Gyrodactylidae são as mais numerosas do grupo. Os monogenéticos reúnem um grupo bastante diversificado que inclui milhares de espécies de parasitos de peixes (Cohen; Justo; Kohn, 2013). Neste levantamento bibliográfico foi possível encontrar 36 diferentes espécies de monogêneas entre hospedeiros de diferentes ordens e famílias.

Baia et al. (2018) realizaram a inspeção de 1574 espécimes de peixes coletados na Bacia do Igarapé Fortaleza, que é um afluente do sistema do rio Amazonas no estado do Amapá. Dos hospedeiros analisados, os monogenéticos destacam-se por ser o táxon que apresentou maior riqueza, sendo abundante principalmente nos espécimes de peixes como *Ancistrus* sp. e *Triportheus rotundatus*. As seguintes espécies de monogenea foram identificadas: *Unilatus unilatus*, *Trinigyryus mourei*, *Gussevia disparoides*, *Gussevia alioides*, *Gussevia elephus*, *Gussevia spilocirra*, *Sciadicleithrum geophagi*, *Sciadicleithrum joanae*, *Sciadicleithrum satanopercae* e *Gussevia asota*, sendo citadas na rede de interações entre parasitas e espécies de peixes hospedeiros de um afluente do sistema do rio Amazonas.

Durante a investigação de 136 espécimes de *Psectrogaster amazonica* coletadas no rio Tocantins, Embiral, Imperatriz, Maranhão, Brasil, Bezerra et al. (2023) apresentaram a descrição de duas novas espécies de parasitas do gênero *Curvianchoratus*: *Curvianchoratus psectrogasteri* e *Curvianchoratus dominguesi*. Além disso, um novo registro de ocorrência de *Curvianchoratus singularis* é documentado para a mesma região, o que indica que esta última espécie expandiu sua distribuição para a bacia Tocantins-Araguaia.

Brito-Júnior; Tavares-Dias (2021) conduziram um estudo na bacia do Igarapé



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Fortaleza, no município de Macapá, estado do Amapá, Brasil, que integra o sistema do estuário do rio Amazonas, uma investigação de parasitas que infectam peixes da espécie *Brachyplatystoma vaillantii*. Esta espécie é popularmente conhecida na região como bagre piramutaba, um peixe migratório amplamente distribuído na bacia Amazônica, além de importante recurso pesqueiro. Dos 31 espécimes juvenis examinados, 80,6% estavam parasitados, e as espécies de ectoparasitas monogenéticos como *Dermidospermus brachyplatystimae* e *D. araguiensis* foram identificadas nos hospedeiros.

Cohen *et al.* (2020) identificaram duas espécies novas de parasitas encontrados nas brânquias de exemplares do peixe siluriforme *Auchenipterus nuchalis*, conhecido popularmente como "mapará", coletado no rio Tocantins e seus afluentes, incluindo os rios Itauaíras, Arraíras e Rio dos Mangues, situados no estado de Tocantins. Foram identificadas três novas espécies: *Cosmetocleithrum berecae*, *Cosmetocleithrum nunani*, *Demidospermus tocantinenses*. A espécie *Demidospermus osteomystax* foi registrada em um novo hospedeiro de *A. nuchalis*.

O estudo realizado por Ferreira-Sobrinho; Tavares-Días (2016) na bacia do rio Matapi, que desagua na foz do Rio Amazona, no município de Santana, estado do Amapá (Amazônia Oriental), identificou nas brânquias de peixes da ordem Cichliformes os seguintes monogenéticos: *Sciadicleithrum geophagi*, *Gussevia spiralicirra*, *Sciadicleithrum juruparii* e *Gyrodactylus* sp. O peixe hospedeiro principal foi o *Geophagus camopiensis*, embora outras espécies, como *Pterophyllum scalare*, *Satanoperca acuticeps* e *Satanoperca jurupari*, também tenham sido examinadas e apresentaram parasitismo por essas espécies.

Hoshino; Tavares-Días (2019) conduziram uma pesquisa na bacia hidrográfica do Igarapé Fortaleza, situada na região oriental da Amazônia, no estado do Amapá, Brasil. O peixe hospedeiro analisado foi o *Hemibrycon surinamensis*, uma espécie da família Characidae. Foram encontradas diversas espécies de parasitas, incluindo os monogenéticos *Jainus hexops* e *Tereancistrum* sp.

Lima; Oliveira; Tavares-Días (2021) ao investigarem a comunidade parasitária em *Pimelodus ornatos*, observaram que em 71 peixes examinados, 70,4% estavam parasitados por *Demidospermo* sp. O estudo foi realizado no rio Amazonas, próximo ao município de Santana, estado do Amapá. O estudo conduzido por Mathews *et al.* (2021) utilizou a taxonomia integrada à análise molecular para descrever uma nova espécie família Dactylogyridae, *Ameloblastella pirarara* sp. n. nas brânquias de *Phractocephalus hemiliopterus*, um bagre amazônico comercial e ecologicamente importante, coletados no Igarapé Jari no Rio Tapajós, estado do Pará, Brasil.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Moreira; Scholz; Luque (2016) ao desenvolverem um estudo no rio Xingu, em Altamira, estado do Pará, Brasil, descreveram uma nova espécie de monogenea, *Diaphorocleidus altamirensis* sp. nov, encontrada parasitando as brânquias do peixe *Argonectes robertsi* (Hemiodontidae). Além disso, o estudo registrou sete outras espécies de monogenea da família Dactylogyridae: *Jainus amazonensis* em *Brycon melanopterus* e *Brycon cephalus*; *Jainus leporini* em *Leporinus copelandii*; *Jainus piava* em *Schizodon borelli*; *Tereancistrum toksonum* em *Prochilodus lineatus*; *Sciadicleithrum kritskyi* em *Geophagus proximus*; *Amphocleithrum paraguayensis* em *Pseudoplatystoma corruscans*; *Apedunculata discoidea* em *Prochilodus argenteus*. Esses dados ampliam o conhecimento sobre os parasitas que habitam a bacia amazônica e contribuindo para o conhecimento da diversidade parasitária da região.

Durante o levantamento da comunidade parasitária de *Crenicichla strigata* coletados na bacia do rio Jari, estado do Amapá, na região da Amazônia oriental brasileira, Mota Júnior *et al.* (2024), observaram a dominância de monogenéticos dentre os grupos investigados. Os autores encontraram em todos os hospedeiros analisados, com prevalência de 100%, três espécies de *Sciadicleithrum*: *Sciadicleithrum araguariensis*, *Sciadicleithrum joanae* e *Sciadicleithrum satanopercae*.

Ao investigarem a diversidade de parasitas monogenéticos nas brânquias de peixes do rio Matapi, município de Santana, estado do Amapá, Neves *et al.* (2020) observaram a presença de 11 espécies de monogenea parasitando peixes de diferentes espécies. Os achados revelam a presença de *Anacanthorus gravihamulatus*, *Notozothecium minor*, *Notozothecium penetrarum* em *Serrasalmus rhombeus*; *Diplectanum piscinarius*, *Euryhaliotrema succedanus*, *Aetheolabes goeldiensis* em *Plagioscion squamosissimus*; *Euryhaliotrema succedanus* em *Plagioscion surinamensis*; *Anacanthorus jegui* em *Metynnis lippincottianus*; *Urocleidoides astyanacis* e *Urocleidoides strombicirrus* em *Astyanax bimaculatus*; *Urocleidoides* spp. em *Curimata incompta*.

O estudo realizado por Oliveira *et al.* (2019) comparou a comunidade de parasitas monogenea nas brânquias do peixe *Cichla monoculus* coletado em duas localidades da Amazônia brasileira: o rio Tapajós (Pará) e o rio Jari (Amapá). Foram identificadas oito espécies, sendo comuns em ambas as localidades: *Gussevia arilla*, *Gussevia longihaptor*, *Gussevia tucunarensis*, *Gussevia undulata*, *Sciadicleithrum ergensi*, *Sciadicleithrum umbilicum*, *Sciadicleithrum uncinatum*, enquanto *Tucunarella cichlae* foi registrada apenas no rio Tapajós. A espécie *Gussevia arilla* foi a dominante no rio Tapajós, enquanto *Sciadicleithrum umbilicum* predominou no rio Jari.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Outro estudo comparativo sobre diversidade de monogenéticos encontrados nas brânquias de ciclídeos em duas localidades da Amazônia brasileira: o rio Xingu, localizado na região de Altamira, estado do Pará, e o rio Araguari, na região de Ferreira Gomes, estado do Amapá foi realizado por Paschoal *et al.* (2016).

Do rio Xingu, foram examinados os peixes *Cichla melaniae*, *Geophagus altifrons*, *Geophagus argyrostictus* e *Satanoperca* sp. E foram registradas as espécies de ectoparasitas *Gussevia undulata*, *Sciadicleithrum umbilicum*, *Sciadicleithrum uncinatum*, *Tucunarella cichlae*, *Sciadicleithrum geophagi* e *Sciadicleithrum satanopercae*. Do rio Araguari, os hospedeiros coletados foram *Cichla temensis*, *Geophagus proximus*, *Satanoperca jurupari* e *Crenicichla labrina*. Além das espécies mencionadas no rio Xingu, foram descritas duas novas espécies de monogenea: *Sciadicleithrum araguariensis* (hospedeiro: *Crenicichla labrina*) e *Sciadicleithrum edgari* (hospedeiro: *Satanoperca jurupari*) (Paschoal *et al.*, 2016).

A partir do levantamento da fauna parasitária de 35 espécimes de *Mugil curema* coletados na Reserva Ecológica Maracá-Jipiôca, estado do Amapá, Santos *et al.* (2021) constataram a presença de parasitas de diversos grupos, dentre eles *Ligophorus brasiliensis*, pertencente a classe Monogenea e família Dactylogyridae.

Novas espécies de monogenea do gênero *Cosmetocleithrum* foram descritas por Silva *et al.* (2023), parasitando brânquias de peixes neotropicais: *Cosmetocleithrum undulatum*, *Cosmetocleithrum brachylecis* e *Cosmetocleithrum ludovicense* em *Platydoras brachylecis* provenientes de um mercado de São Luís, estado do Maranhão, Brasil. O trabalho também cita ectoparasitas encontrados em peixes de outra localidade do Brasil, mas que não se enquadra na região da Amazônia oriental.

O estudo conduzido por Sousa; Oliveira; Tavares-Días (2019) na bacia do rio Matapi, localizada no estado do Amapá, Brasil, próximo ao município de Santana, investigou a comunidade de parasitas metazoários do peixe *Hemibrycon surinamensis*, pertencente à família Characidae. Um total de 31 hospedeiros dessa espécie foi analisado e dentre os parasitas encontrados foi possível descrever as espécies de monogenea, *Jainus hexops* e *Tereancistrum ornatus*.

Durante o levantamento da comunidade de parasitas de *Chaetobranchius flavescens* (Cichlidae), realizado por Tavares-Días *et al.* (2018) na bacia do rio Igarapé Fortaleza, na Amazônia Oriental, Brasil, foram examinados 39 indivíduos dessa espécie. Os pesquisadores constataram a presença de 11 taxons distintos, incluindo as espécies de monogenea *Gussevia spilocirra* e *Gussevia elephus*.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



A partir deste levantamento bibliográfico foi possível observar que a maioria dos estudos que descrevem espécies de parasitas da classe Monogenea e seus respectivos hospedeiros, além de achados de novas espécies e a descrição de uma espécie já conhecida em um novo hospedeiro são encontrados em estudos realizados no estado do Amapá. Nenhum estudo foi encontrado no Mato Grosso e ainda são insipientes os trabalhos realizados no Maranhão e Tocantins.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade de monogenéticos na região da Amazônia oriental brasileira é bastante ampla, com diversas espécies descritas parasitando peixes hospedeiros de importância econômica e ecológica. Os estudos realizados demonstraram que esses parasitas possuem alta especificidade para seus hospedeiros e são influenciados por fatores ambientais, como a qualidade da água. Apesar dos avanços, há uma clara lacuna de estudos que fazem a descrição taxonômica de novas espécies, especialmente considerando a vastidão e complexidade da região amazônica. Esse déficit destaca a necessidade de pesquisas mais abrangentes e contínuas, visando não apenas ampliar o conhecimento científico, mas também subsidiar boas práticas de manejo na produção aquícola e a educação ambiental com o intuito de mitigar os impactos parasitários em peixes, garantindo a saúde das espécies e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento Superior/CAPES (Código de financiamento 001) e pela concessão da bolsa de doutorado a Denise da Silva Sousa.

REFERÊNCIAS

BAIA, R.R. *et al.* Patterns of the parasite communities in a fish assemblage of a river in the Brazilian Amazon region. **Acta Parasitologica**, v. 63, n. 2, p. 304-316, 2018.

BERTAGLIA, E.D.A. *et al.* Influence of Seasonality and Culture Stage of Farmed Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with Monogenean Parasitic Infection. **Animals**, v. 13, n. 1525, p. 1–11, 2023.

BEZERRA, C.A.M. *et al.* Two new species of *Curvianchoratus* (Monogeneoidea, Dactylogyridae) parasitizing *Psectrogaster amazonica* (Characiformes, Curimatidae) and a new record for *Curvianchoratus singularis* in the Tocantins River, Maranhão, Brazil. **ZooKeys**, v. 1172, p. 101-116, 2023.

BRITO-JUNIOR, I.A.; TAVARES-DIAS, M. Diversity of ectoparasites and endoparasites infecting *Brachyplatystoma vaillantii* (Siluriformes: Pimelodidae), a large migratory catfish from the Amazon. **Acta Amazonica**, v. 51, n. 2, p. 122-128, 2019.



CAVALCANTI, L. D. *et al.* Responses of monogenean species to variations in abiotic parameters in tilapia culture. **Journal of Helminthology**, v. 94, e186, 2020.

COHEN, S.C.; JUSTO, M.C.N.; KOHN, A. **South American Monogenoidea parasites of fishes, amphibians and reptiles**. Rio de Janeiro, Oficina de Livros, 2013.

COHEN, S.C. *et al.* Dactylogyridae (Monogenoidea, Polychaeta) from the gills of *Auchenipterus nuchalis* (Siluriformes, Auchenipteridae) from the Tocantins River, Brazil. **Parasite**, v. 27, p. 4, 2020.

CONSELHO REGIONAL MEDVET MG - Conselho Regional de Medicina Veterinária do Estado de Minas Gerais. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia: Doenças parasitárias em peixes de produção**. Ed. n. 101, ISSN 1676-6024, Belo Horizonte: FEP MVZ Editora, 2022.

FERREIRA-SOBRINHO, A.; TAVARES-DIAS, M. A study on monogenean parasites from the gills of some cichlids (Pisces: Cichlidae) from the Brazilian Amazon. **Revista Mexicana de Biodiversidad**, v. 87, n. 4, p. 1002–1009, 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED STATES (FAO). **The State of Food and Agriculture, Overcoming Water Challenges in Agriculture**, 2020.

HOSHINO, É.M.; TAVARES-DIAS, M. Interannual and seasonal variation in protozoan and metazoan parasite communities of *Hemibrycon surinamensis*, a characid fish inhabiting the Brazilian Amazon. **Acta Parasitologica**, v. 64, p. 1-13, 2019.

LIMA, E.S.; OLIVEIRA, M.S.B.; TAVARES-DIAS, M. Diversity and community ecology of metazoan parasites in *Pimelodus ornatus* (Siluriformes: Pimelodidae) from the Amazonas River in Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 30, n. 3, e006021, 2021.

MATHEWS, P.D. *et al.* Morphological and molecular characterization of *Ameloblastella pirarara* sp. n. (Monogenoidea: Dactylogyridae) parasitizing the large Amazonian catfish *Phractocephalus hemiliopterus*. **Microbial Pathogenesis**, v. 158, p. 105077, 2021.

MOREIRA, J.; SCHOLZ, T.; LUQUE, J.L. A new species of *Diaphorocleidus* (Monogenea: Ancyrocephalinae) from the gills of *Argonectes robertsi* (Characiformes) and new records of dactylogyrids parasitic on fishes from the Xingu River. **Amazon Basin, Brazil. Zoologia**, v. 33, n. 4, e20160022, 2016.

MOTA-JÚNIOR, L.O. *et al.* First study on the metazoan parasite community of *Crenicichla strigata* (Cichliformes: Cichlidae). **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 33, n. 3, e012724, 2024.

NEGREIROS, L.P.; TAVARES-DIAS, M. Parasites in farmed *Piaractus brachipomus* (Serrasalminae) in the state of Acre, western Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 49, n. 4, p. 294-298, 2019.

NEVES, L.R. *et al.* Diversity of monogenean parasites on gills of fishes from the Matapi River, in the Brazilian Amazon. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 29, n.



4, e013520, 2020.

Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



NOGA, E.J.; SMITH, S.A.; OTTESEN, O.H.; Disease, diagnosis and treatment, in: Practical Flatfish Culture and Stock Enhancement. **Wiley-Blackwell**, Oxford, UK, 2010.

OGAWA, K. Diseases of cultured marine fishes caused by Platyhelminthes (Monogenea, Digenea, Cestoda). **Parasitology**, v. 142, p. 178-195, 2015.

OLIVEIRA, M.S.B. *et al.* Community of Monogenea in populations of *Cichla monoculus* from two tributaries of the Amazon River in the Northern Brazil. **Helminthologia**, v. 56, n. 1, p. 1-10, 2019.

PASCHOAL, F. *et al.* Dactylogyrids (Monogenea) parasitic on cichlids from northern Brazil, with description of two new species of *Sciadicleithrum* and new host and geographical records. **Acta Parasitologica**, v. 61, n. 1, p. 158-164, 2016.

PEIXES BR, Associação Brasileira da Piscicultura. **Anuário 2024 Peixe BR da Piscicultura**. Peixe BR. Disponível em: <<https://www.peixebr.com.br/anuario-2024/>>. Acesso em: 15 mar. 2025.

SANTOS, J.R. *et al.* Ectoparasites infecting *Mugil curema* (Mugiliformes: Mugilidae) in Amapá state estuary, in the northern Brazilian coast region. **Journal of Parasitic Diseases**, v. 45, n. 4, p. 1065-1070, 2021.

SILVA, A.L.S. *et al.* Dactylogyrids (Platyhelminthes, Monogenea) from the gill lamellae of doradids (Siluriformes) with description of five new species of *Cosmetocleithrum* and new geographical distribution for known species from the Neotropical Region, Brazil. **Parasite**, v. 30, p. 53, 2023.

SILVA, A.M.O. *et al.* Parasite diversity in *Oxydoras niger* (Osteichthyes: Doradidae) from the basin of Solimões River, Amazonas state, Brazil, and the relationship between monogenoidean and condition factor. **Brazilian Journal of Biology**, v. 71, n. 3, p. 791-796, 2011.

SOUSA, B.O.; OLIVEIRA, M.S.B.; TAVARES-DIAS, M. Community structure of metazoan parasites in *Hemibrycon surinamensis* (Characidae) from the Matapi River in the State of Amapá, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 2, e20180393, 2019.

TAKEMOTO, R.M. *et al.* **Peixes de água doce do Brasil**, in: PAVANELLI, G. C.; TAKEMOTO, R. M.; EIRAS, J. C. (Eds.), *Parasitologia de Peixes de água doce no Brasil*. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Parana, p. 273–299, 2013.

TAVARES-DIAS, M. *et al.* Parasites community in *Chaetobranchius flavescens* Heckel, 1840, (Cichliformes: Cichlidae) from the eastern Amazon, Brazil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 44, n. 1, p. 10-16, 2018.

TAVECHIO, W.L. G.; GUIDELLI, G.; PORTZ, L. Alternativas para prevenção e controle de patógenos em piscicultura. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 2, p. 335-341, 2018.



Principais agentes causadores de defeitos em peles de ovinos e caprinos na obtenção do couro: Revisão de Literatura

Bruno Demétrio Carvalho¹; Poliana Santos de Moraes¹; Larissa Sarmento dos Santos Ribeiro²

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A criação de ovinos e caprinos é amplamente praticada devido à sua adaptabilidade a diferentes condições climáticas. Em países de baixa renda, essa atividade é essencial para a subsistência. Comparada a outras criações, exige menor investimento e permite a exploração de carne, leite, couro e órgãos. Nesse sentido, a presente revisão de literatura descreve parâmetros de avaliação da qualidade de peles para produção de couro de caprinos e ovinos. A pele é um importante derivado da ovinocaprino cultura de corte, sendo um dos produtos com maior potencial de agregação do valor de mercado. No entanto, as peles sofrem grandes depreciações, devido aos altos índices de defeitos decorrentes de condições inadequadas do sistema de produção, como também nas fases de abate, conservação e armazenamento. Além disso, vale destacar outras principais causas de defeitos em pele de ovinos e caprinos como: fungos (dermatofitose), oomicetos, algas, sarnas (*Psoroptes ovis*), fotossensibilização, bactérias (dermatofilose, linfadenite caseosa), vírus (ectima conatagioso). Nesse contexto, torna-se importante a adoção de estratégias de manejo no sistema de criação, bem como melhorias na sanidade, evitando assim, patologias que comprometam a integridade do produto final.

Palavras-chave: Ovinocaprino cultura, Lesões de pele, Defeitos do couro.

INTRODUÇÃO

A criação de ovinos e caprinos é uma prática realizada em diversas regiões do mundo, e isso se dá devido à capacidade de adaptação desses animais frente as mais variadas condições edafoclimáticas. Em alguns países, devido aos baixos índices de produção de alimentos e baixa renda possuem elevados índices relativos à ovinocaprino cultura como forma de subsistência (Ximenes; Cunha, 2013).

Em comparação com outras espécies de animais de produção, a criação de caprinos e ovinos permite explorar a produção de leite, a carne, pele, vísceras e órgãos desses animais a partir de um baixo investimento de capital inicial nesse tipo de cadeia produtiva (Costa; Lacerda; Freitas, 2010).

No Brasil, a criação de caprinos e ovinos está presente em todos os estados, direcionada para a produção de carne, leite, couro e lã, evidenciando a habilidade para



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



transformar material fibroso e de baixo valor nutritivo em alimentos de alto valor proteico (Quadros, 2018). Os caprinos e ovinos, na região nordestina, têm uma grande importância econômica e social, principalmente para os pequenos produtores, dos quais são utilizados dentro do consumo familiar, sendo ainda comercializados nos mercados regionais. Além disso, apresentam-se como uma das alternativas para produtores do semiárido brasileiro, como ajuda para a sobrevivência, como alimento e melhoria da renda (Martins; Magalhães; Souza., 2016).

A cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil, em destaque a região Nordeste, é desarticulada, com um comércio caracteristicamente informal, o que dificulta quantificar a capacidade de abate de ovinos e caprinos, estimando-se que aproximadamente 98% dos abates da espécie caprina são realizadas de maneira informal, na própria unidade rural, ocorrendo ainda, um armazenamento impróprio, sem haver nenhum tipo de inspeção sanitária e produto sem padronização, enquanto o abate de ovinos, cerca de 60% são efetivados de maneira formal, sendo localizados em sua maioria nas regiões Sul e Sudeste do país (Jesus Junior; Rodrigues; Moraes, 2010).

No que diz respeito à criação de ovinos, enquanto os estados do Nordeste apresentam um crescimento no número de animais, os dois principais estados do Sul – Rio Grande do Sul e Paraná – tiveram seus rebanhos reduzidos, registrando uma diminuição de 38% e 3%, respectivamente, em relação a 1998. Em comparação a 2008, essas quedas foram de 20,5% e 4%. Além disso, a Bahia destacou-se como o maior produtor de ovinos em 2018, assumindo a liderança que anteriormente pertencia ao Rio Grande do Sul, com um efetivo de 4,2 milhões de cabeças (Monteiro; Brisola; Filho, 2021).

Quando comparada a outras espécies, a criação de caprinos e ovinos permite a obtenção de leite, carne, pele, vísceras e órgãos desses animais com um investimento inicial relativamente baixo. Dessa forma, no Nordeste, essas atividades ainda são predominantemente caracterizadas como uma exploração familiar e tradicionalmente extensiva. Em contraste, as regiões Sul e Sudeste do país possuem sistemas de criação mais especializados, muitas vezes em regime de confinamento. O sistema de criação no Nordeste é considerado tradicional, sendo sua manutenção principalmente dependente da disponibilidade de água e alimentação proveniente da caatinga. Além disso, o rebanho é composto por animais de raças nativas ou de origem mista, o que contribui para uma baixa produtividade. Apesar disso, essa atividade tem importantes implicações sociais e econômicas para a população rural, influenciando a estrutura econômica das áreas onde é praticada (Santos *et. al.*, 2023).



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Diante dos desafios enfrentados na cadeia da ovinocaprinocultura, é importante destacar a falta de assistência técnica e de divulgação sobre sua importância, além de uma baixa adoção de tecnologias. Também há uma forte presença de atravessadores, o que causa uma desarticulação nos setores da cadeia produtiva, afetando a venda de animais vivos ou abatidos, bem como a comercialização de esterco e peles. O método de abate e a comercialização desses animais ainda são bastante precários, pois muitos abatimentos acontecem de forma clandestina. Quanto ao comércio informal de produtos e derivados da ovinocaprinocultura, essa prática é comum na maior parte do país, sendo especialmente mais expressiva na região do semiárido nordestino (Neres *et. al.*, 2024).

Avaliação da pele de ovinos e caprinos

A pele é um resíduo gerado durante a produção de carne, que é o foco principal na criação de cabras e ovelhas no Nordeste do Brasil. Apesar disso, ela recebe pouca atenção e representa apenas cerca de 10 a 12% do valor total do animal. Quando passa por um processo de beneficiamento, a pele pode se transformar em um produto com grande valor econômico. Além disso, se a pele for de boa qualidade, ela pode fazer toda a diferença entre obter lucro ou prejuízo na venda do animal. Por bastante tempo, acreditou-se que todas as peles eram iguais. No entanto, a resistência dos couros ao estiramento e ao rasgo depende das características anatômicas e estruturais da pele, que variam de acordo com a espécie, raça, idade, região e local de onde a amostra foi retirada. Isso faz com que haja uma grande variação na qualidade dos couros (Oliveira *et. al.*, 2008).

Devido ao grande número de caprinos e ovinos no Nordeste do país, há uma forte demanda por produtos cárneos e não cárneos para atender às necessidades do país e da população regional, situação que favorece a maximização do aproveitamento destes animais. Além de seus produtos, também pode ser desfrutado o seu subproduto como, por exemplo, a pele, usada para gerar renda para criadores e produtores, com a agregação de valor à carne, com um aumento no aproveitamento destes animais. Portanto, quanto maior a demanda por carne, consequentemente terá maior oferta de pele (Santos *et al.*, 2023).

As peles dos ovinos e caprinos de origem nordestina são valorizadas no mercado pela maior elasticidade, resistência e textura, servindo assim, para um maior número de produtos voltados para indústrias de produção de vestuários e de calçados. No entanto, apesar do reconhecimento de sua qualidade, as peles sofrem grandes depreciações na comercialização, devido aos altos índices de defeitos que são decorrentes de condições inadequadas do sistema de produção adotado, bem como nas fases de abate, na conservação



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



e no processo de armazenamento, sofrendo grandes depreciações na comercialização (Carvalho, 2018).

O abate informal pode ter um impacto negativo, pois as pessoas não são treinadas para a realização dessa prática, portanto, com base na não-experiência, o uso de materiais e equipamentos inadequados para o abate agredirá a pele durante o ato de sangria ou esfolia, reduzindo a qualidade da pele após a manipulação do abate. A região Nordeste sempre foi dominante nas exportações de pele de caprinos e ovinos, respondendo por 91,48% das exportações de couro do país entre os anos de 2007 a 2011, enquanto as regiões Sul e Centro Oeste responderam por 7,63% e 0,89%, respectivamente (Ximenes; Cunha, 2013).

Produção do couro de ovinos e caprinos

O couro é a pele do animal de forma preservada por meio da putrefação em um processo denominado de curtimento. Essa pele curtida torna-se mais flexível e de característica macia, podendo prontamente ser utilizada em confecções de produtos como calçados, tapetes, bolsas, carteiras, roupas, malas, entre outros. As peles que podem ser curtidas são de origem bovina, incluído pele de bezerros, ovelhas, cabras, lhamas, camelos, suínos, cobras, búfalos, crocodilos, peixes, rãs pele de avestruzes (Menda, 2012).

A qualidade do couro depende de características químicas, mecânicas e estéticas que atendem às exigências das indústrias de curtimento. Todos os testes e avaliações físico-mecânicas devem ser realizados de acordo com padrões definidos por normas técnicas, que estabelecem os critérios de qualidade do couro. (Dal Monte *et al.*, 2004).

A produção de peles de ovinos e caprinos de forma industrializadas no Nordeste, são exportadas preferencialmente na sua forma de wet-blue, que corresponde ao couro curtido, porém algumas indústrias realizem o processo de finalização e acabamento, produzidos vários e importantes tipos de couros, a incluir: marroquins, camurças, pergaminhos, algumas napas, pelica, entre outros, utilizados na produção de calçados, bolsas, vestuários, entre outros (Carvalho, 2018).

O processo de curtimento do couro envolve uma série de operações para tratar o couro cru, usando um líquido específico que ajuda a reduzir ou eliminar seus componentes orgânicos. Os diferentes tipos de curtumes podem ser classificados com base nas etapas que realizam: o curtume integrado realiza todas as fases do beneficiamento até o acabamento final; o curtume wet-blue faz até a etapa do curtimento, usando principalmente cromo (Cr+3) como reagente; o curtume semiacabado trabalha com o couro proveniente do wet-blue, transformando-o em couro semiacabado; e o curtume de acabamento realiza as etapas finais



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



de acabamento no couro semiacabado (Meira *et. al.*, 2021).

As três realizações do curtimento do couro são classificadas em três formas principais, sendo estas: o curtimento mineral, vegetal e o sintético. O curtimento mineral é o tipo de categoria mais rápidos que os demais, sendo o mais utilizado em curtumes com grandes produções, pois o mesmo utiliza o sulfato de cromo como curtente; nos curtimentos artesanais é mais utilizado a técnica vegetal quando se deseja dar origem às solas, nessa maneira, o tanino é o curtente, permitindo que haja o reaproveitamento em outros curtimentos; em uma outra categoria de curtimento, possui a forma sintética, onde proporciona um curtimento de característica mais uniforme, facilitando o tingimento posterior (Pacheco, 2005).

Os diferentes tipos de produto final têm característica peculiar da indústria de obtenção do couro, pois os frigoríficos/curtumes podem produzir e fornecer o couro em diferentes estágios de acabamento: o couro salgado, o *wet-blue*, o *crust* ou o couro acabado, conforme ABDI (2011) a seguir:

- **Couro salgado:** esse produto é resultado do processo inicial de salgamento do couro para que possa permitir a sua conservação, transporte e armazenamento, sendo assim, um produto mais simples e de menor valor agregado para fins de comercialização.

- ***Wet-blue*:** esse termo é uma denominação referente a seu tipo de tom azulado e de aspecto molhado, tendo sua obtenção a partir do resultado de um primeiro banho de cromo, depois de ser despelado e passar por etapa de remoção de graxas e gorduras.

- ***Crust*:** esse produto é oriundo de uma etapa de secagem do couro, que o torna um produto semiacabado destinado ao processo de acabamento.

- **Couro acabado:** apresenta um valor agregado superior, do qual é resultado do último estágio da produção de couro, podendo ser utilizado diretamente na produção dos mais diversos produtos finais.

Quanto a classificação das empresas de curtumes, o autor Cunha (2011) relata que ocorre de acordo com a etapa de processamento do couro que realizam:

- **Curtume *wet-blue*:** desenvolve o primeiro processamento do couro após o abate, quando é dado o primeiro banho de cromo, gerando um tom azulado e molhado ao couro (*wet-blue*).

- **Curtume de semiacabado:** utiliza o couro *wet-blue* como matéria-prima e o transforma em couro *crust* (semiacabado).

- **Curtume de acabamento:** transforma o couro *crust* em couro acabado.

- **Curtume integrado:** realiza todas as operações de processamento, desde o couro



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



cru até o acabado.

O couro dos caprinos e ovinos é considerado de excelente qualidade, portanto, o couro de ovino é geralmente tido como um produto mais nobre, por possuir características estruturais diferenciadas com excelente flexibilidade, elasticidade e resistência se comparado com o couro da espécie caprina (Lucena *et al.*, 2018).

Principais causas de alterações em peles

As enfermidades que acometem a pele e os pelos de ovinos e caprinos resultam em perdas econômicas bastante significativas aos pecuaristas, isso se dá em razão do retardo no desenvolvimento dos animais, da perda de peso afetando o escore corporal, do prejuízo à produção de lã dos animais que passam por um processo de tosquia e da pele para obtenção do couro (Olmeda; Alonso, 1997; Hargis, 1998; Anderson; Rings; Pugh 2005).

Em ruminantes, de um modo geral, as doenças que afetam a pele são responsáveis por intenso desconforto e manifestam-se como lesões pruriginosas, alopecias, nodulares ou crostosas, ocorrendo por envolvimento primário ou secundário a outras condições. Essas doenças estão descritas em forma de relatos de casos isolados, formas de surtos e como forma de estudos retrospectivos em determinados sistemas de criação (Scott, 2016).

A classificação da pele como de primeira linha, não pode haver presença de furos proveniente do ato de esfolar durante o abate, não permitindo evidências de má conservação e marcas em decorrência da ação de ectoparasitas. Entretanto, essas ocorrências são admissíveis nas peles consideradas como de segunda linha, assim como as marcas de abrasão obtidas durante o manejo (Jacinto; Leite, 2005).

Na região Nordeste do Brasil, destacam-se os registros de dermatite causadas por fungos, oomicetos e algas (Macedo *et al.*, 2008) e sarna (Amorim; Dantas; Riet-Correa 2015). A literatura também relata sobre a fotossensibilização decorrentes da ingestão de plantas tóxicas e a dermatite alérgica a picada de culicídeos (Knupp *et al.*, 2018; Amado *et al.*, 2018).

Agentes fúngicos causadores de alterações em pele

Dermatófitos

Os dermatófitos são considerados fungos de características contagiosas, sendo uma das zoonoses mais comuns em todo o território mundial. Constituem um grupo de fungos com capacidade de invadir tecidos queratinizados dos seres humanos e de animais, causando o quadro chamado de dermatofitose (Farias *et al.*, 2011).



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Os sinais clínicos aparecem no animal dentro de poucos dias até três semanas após a exposição. São caracterizados por áreas alopecias circulares ou não, de tamanhos variados, com ou sem formação de crostas e eritema, podendo se estender a diversas partes do corpo (Ceconi *et al.*, 2018).

Segundo o autor Surpilli *et al.* (2018), a dermatofitose apresenta baixas taxas de mortalidade, porém a afecção pode ser epizootica e pode gerar prejuízos econômicos significativos, resultando assim, na perda de produção, principalmente em casos de doença generalizada, devido à baixa do escore corporal dos animais, ao abate precoce e a desvalorização de couros e peles dos animais acometidos. Sobretudo, o tratamento depende de um investimento alto, e a doença é considerada um grave problema de saúde pública por ser uma zoonose.

Agentes bacterianos causadores de alterações em pele

Linfadenite caseosa

A Linfadenite Caseosa, popularmente conhecida como mal do carço, é uma doença crônica infecciosa, caracterizada pela formação de granulomas que afeta especialmente os pequenos ruminantes de produção como caprinos e ovinos, causada por *Corynebacterium pseudotuberculosis*. E ainda, uma doença que também é descrita em outras espécies animais, como a linfangite ulcerativa dos equinos, granulomas superficiais em bovinos, suínos, cervos e animais de laboratório. O microrganismo também já foi isolado de outra espécie animal, os búfalos, e caracterizado como doença de pele edematosa, em veados, porco espinho, lhamas, camelos (Selim *et al.*, 2016).

O contágio da Linfadenite caseosa envolve pele e mucosa afetada, seguido pela disseminação de bactérias livres ou dentro de fagócitos, levando à infecção nos gânglios linfáticos. Na sua forma mais agressiva, pode afetar os órgãos internos, principalmente os pulmões (Seyffert *et al.*, 2014; Williamson, 2001).

A Linfadenite caseosa é uma enfermidade responsável por perdas econômicas significativas no sistema de criação de ovinos e caprinos. Em feiras e exposições, os animais acometidos pela doença são excluídos de julgamentos e comercialização. Esta doença compromete a pele do animal, chegando a perdas significativas de 40% do seu valor total, carcaça e órgãos internos. Na apresentação da sua forma visceral é assintomática, sendo diagnosticada apenas quando os animais são abatidos, causando condenação de carcaças e em necropsias. Além disso, nas grandes incidências no rebanho, levam a caquexia progressiva, anemia, hiperplasia dos linfonodos superficiais e dispneia. Em ovelhas é comum



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



a disseminação para linfonodos mamários, causando queda na produção leiteira. Ainda nestes animais, esta infecção afeta a produção de lã, reduz a eficiência reprodutiva com a diminuição da taxa de natalidade, gerando baixa produtividade, principalmente nos produtores pequenos e com uso de menor técnica. Dessa forma, além do significativo prejuízo para a cultura de subsistência, a doença constitui um problema para a indústria de ovinos e caprinos, pois limita a rentabilidade (Guimarães *et al.*, 2011).

Dermatofilose

A dermatofilose, também conhecida como “estreptotricose”, é uma doença de carácter zoonótico e de evolução aguda e crônica, possuindo assim, uma característica de enfermidade infecto contagiosa. Caracteriza-se como uma doença de distribuição mundial, sendo considerada endêmica em regiões tropicais ou subtropicais, acometendo diversas espécies de mamíferos, suíno, equino e os ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos). Possui como agente etiológico o *Dermatophilus congolensis*, uma bactéria gram-positiva, filamentosa, aeróbia facultativa, oportunista, que possui forma de bacilo e pertencente ao grupo dos actinomicetos (Costa; Santos; Chaves, 2020).

O diagnóstico baseia-se em histórico epidemiológico, avaliação dos sinais clínicos e execução de exames complementares para a identificação do agente etiológico na microscopia direta de esfregaços preparados a partir das lesões cutâneas ou crostas, cultura bacteriana, métodos moleculares e sorologia (Barros *et al.*, 2023).

Os animais assintomáticos são os principais reservatórios servindo como fonte de infecção. O microrganismo apresenta como particularidade a formação de erupções cutâneas, crostas secas, escamas e pode sobreviver por um período longo no ambiente, podendo chegar a três anos e cinco meses. A transmissão ocorre por contato direto com o hospedeiro, fômites contaminados, ou através de ectoparasitos e insetos sugadores (Costa; Santos; Chaves, 2020).

Agentes virais causadores de alterações em pele

Ectima contagioso

O ectima contagioso, conhecido popularmente como boqueira, dermatite ou estomatite pustular contagiosa, boca sarnenta ou orf, é uma doença viral altamente infecciosa que ocorre mundialmente. Essa enfermidade possui carácter zoonótico e é de grande relevância para a saúde animal, afetando principalmente caprinos e ovinos. Sua principal característica é o surgimento de lesões pustulosas e crostosas na região do focinho e dos



lábios. A doença é causada pelo vírus do ectima contagioso, também chamado de vírus do orf, que pertence ao gênero Parapoxvirus, da família Poxviridae (Leão *et al.*, 2024).

A caracterização da doença se dá por lesões nas regiões de lábios e boca, podendo estar presente em todas as regiões do corpo desprovidas de lã, envolvendo também os tetos de ovelhas em lactação, região interdigital e genitálias. Iniciam com o desenvolvimento de pápulas que progridem rapidamente para pústulas, e depois para crostas espessas que cobrem uma grande área de pele. Nos animais lactentes podem transmitir o vírus para os tetos e úberes de suas mães durante a amamentação, acarretando no desenvolvimento de lesões nos tetos, e da mesma forma, animais que possuem lesões nos tetos podem transmitir o vírus aos cordeiros que estão sendo amamentados. Após o vírus penetrar através das abrasões de pele, junção mucocutânea dos lábios ou mucosa oral, replica localmente nos queratinócitos em regeneração da epiderme. As lesões progridem pelos estádios de eritema, máculas, pápulas, vesículas, pústulas e crostas. As lesões crostosas são proliferativas e, frequentemente apresentam rachaduras e sangramento, podendo predispor a infecções secundárias e miíases. A resolução das lesões nas infecções primárias, geralmente ocorre em quatro a seis semanas, enquanto que em reinfecções a resolução é mais rápida. Não existem evidências de disseminação sistêmica desse vírus (Ebling *et al.*, 2015).

Sarna

Psoroptes ovis

Os ácaros *Psoroptes ovis* são agentes causadores da sarna psoróptica em caprinos, ovinos e outros animais, causando perdas e prejuízos aos criadores. Essa doença é altamente contagiosa e se transmite pelo contato com estruturas presentes no ambiente onde os animais estão, tornando-se uma enfermidade de fácil disseminação. Em várias situações, durante o estágio inicial de uma infestação mais severa, podem ser observados exsudatos serosos e máculas eritematosas de coloração amarelada ou alaranjada na lã próxima à pele. Geralmente, essas máculas aparecem primeiramente nos ombros e no pescoço. À medida que a doença progride, é possível identificar grandes áreas de lesões de tom amarelado, acompanhadas de escamas e crostas, especialmente nas regiões lanosas do corpo. Essas crostas, que possuem um fluido viscoso, aderem levemente à pele, enquanto a lã ao redor fica solta e cai em tufo, facilitando o surgimento de áreas extensas de perda de pelos (Saggin *et al.*, 2019).

Essa parasitose é altamente contagiosa e patogênica, sendo considerada especialmente agressiva devido ao fato de que, ao contrário da maioria dos ácaros que



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



escavam a pele, ela possui peças bucais perfurantes e mastigadoras capazes de causar lesões graves na pele. (Tirabassi *et al.*, 2011).

Outras causas de alterações em pele

Fotossensibilização

A fotossensibilização é um fenômeno biofísico que acontece quando certos comprimentos de onda da luz solar reagem com agentes fotodinâmicos específicos na pele. Ela pode ser classificada em três tipos: a primária, que ocorre após a ingestão ou aplicação de substâncias fotodinâmicas externas; a secundária ou hepatógena, que acontece devido à falha do fígado em processar e eliminar a filoeitrina, um potente agente fotodinâmico; e a congênita, causada pela produção anormal de pigmentos, principalmente porfirinas, que reagem com a luz do sol (Amado *et. al.*, 2018).

A fotossensibilização hepatógena acontece quando há um bloqueio físico no fluxo da bile, o que dificulta a metabolização e a eliminação da filoeitrina, uma substância fotodinâmica que se forma a partir da quebra da clorofila no rúmen. Essa substância se acumula no sangue e nos tecidos. Quando áreas da pele que estão despigmentadas ou menos protegidas entram em contato com a luz solar, a filoeitrina é estimulada a gerar radicais livres, que causam a peroxidação de lipídeos, desorganizam as estruturas celulares, provocam uma liberação intensa de enzimas inflamatórias e lesionam os capilares, levando ao quadro de dermatite necrótico-purulenta (Ramos; Dreyer; Schimdt, 2021)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os agentes causadores de dermatopatias podem afetar na qualidade do couro devido o grau de acometimento das camadas da pele. Portanto, torna-se importante incluir estratégias de manejo adequado no sistema de criação de ovinos e caprinos, bem como melhoria da sanidade e avaliação para acompanhamento de doenças e/ou condições que possam interferir na qualidade da comprometendo o bom processamento das etapas de obtenção do couro e consequentemente impactar negativamente o valor na venda do produto final.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (código financiamento 001) e pela bolsa de doutorado concedida a Bruno Demétrio Carvalho.



REFERÊNCIAS

ABDI. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial. Relatório de acompanhamento setorial. **Indústria de couro**. 2011.

AMADO, G.P. *et al.* Surtos de fotossensibilização e dermatite alérgica em ruminantes e equídeos no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Brasileira Veterinária**, v.38, n.5, p.889-895, 2018.

AMORIM, M.G.R., DANTAS, A.F., RIET-CORREA, F. Histopathological alterations in psoroptic mange caused by *Psoroptes cuniculi* (Delafond, 1859) in goats. **Semina: Ciências Agrárias**, v.36, n.3, p.1425-1430, 2015.

ANDERSON, D.E.; RINGS, D.M.; PUGH, D.G. Enfermidades do sistema tegumentar. In: PUGH, D. G. **Clínica de ovinos e caprinos**. São Paulo: Roca, n. 1, cap. 8, p. 221-249, 2005.

BARROS, A.F. *et al.* Dermatofilose em ovinos no município de Maricá, Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.6, n.2, p. 1671-1680, 2023.

CARVALHO, R. B. **Potencialidades dos Mercados para os Produtos Derivados de Caprinos e Ovinos**, 2018. Disponível em: “<http://atividaderural.com.br/artigos/4f7b556526852.pdf>”. Acesso em: 10 de março de 2025.

CECONI, J.E. *et al.* Avaliação dos tratamentos farmacológicos para dermatofitoses em animais de companhia. **PUBVET**, v.12, n.4, a74, p.1-10, 2018.

COSTA, A.R.; LACERDA, C.; FREITAS, F.R.D. A criação de ovinos e caprinos em Campos Sales CE. **Cadernos de Cultura e Ciência**, v. 2, n. 2, a 63, p. 55, 2010.

COSTA, H.C.C., SANTOS, A.P.L., CHAVES, D.P. Dermatofilose em caprino no município de Santa Rita, Maranhão: relato de caso. **PUBVET**, v.14, n.7, p.1-5, 2020.

CUNHA, A. M. **Relatório de acompanhamento setorial: indústria de couro**. 2011.

DAL MONTE, M.A.B.L. *et al.* Características físico-mecânicas e químicas do couro de caprinos abatidos em idades diferenciadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p.1285-1291, 2004.

EBLING, R.F. *et al.* Ectima Contagioso Em Ovinos Da Região Centro-Oeste Do Rio Grande Do Sul. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 22, p. 1042-1048, 2015.

FARIAS, M.R. *et al.* Avaliação do estado de carreador assintomático de fungos dermatofitos em felinos (*Felis catus* – Linnaeus, 1793) destinados à doação em centros de controle de zoonoses e sociedades protetoras de animais. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, n. 2, p. 306-312, 2011.

GUIMARÃES, A.S. *et al.* Caseous lymphadenitis: epidemiology, diagnosis, and control. **The IIOAB Journal**, v.2, p.33-43. 2011.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



HARGIS, A.M. Sistema tegumentar. In: CARLTON, W. W.; MCGAVIN, M. D. **Patologia Veterinária Especial de Thomson**. Porto Alegre: Artmed, n.2, p. 486-533, 1998.

JACINTO, M.A.C.; LEITE, E.R. O setor produtivo das peles de caprinos e ovinos. **Sobral: Embrapa Caprinos** - (Embrapa Caprinos. Documentos, 55) p.24, 2005.

JESUS JUNIOR, C.; RODRIGUES, L.S.; MORAES, V.E.G. Ovinocaprinocultura de corte – a convivência dos extremos. **BNDES Setorial**, v. 31, p. 281-320, 2010.

KNUPP, S.N.R. *et al.* Fotossensibilização primária em bovinos leiteiros causada por *Froelichia humboldtiana*. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.38, n.5, p.811-816, 2018.

LEÃO, I.S.S. *et al.* Ectima contagioso em ovelhas a campo. **Revista Foco**, v.17, n.7, p 01-09.2024.

LUCENA, C.C. *et al.* Produtos de origem caprina e ovina: mercado e potencialidades na região do Semiárido brasileiro. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Artigo de divulgação na mídia (INFOTECA-E)**, 2018.

MACEDO, J.T.S.A. *et al.* Doenças da pele em caprinos e ovinos no semi-árido brasileiro. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.28, n.12, p. 633-642, 2008.

MARTINS, E.C.; MAGALHÃES, K.A.; SOUZA, J.D.F. Cenários mundial e nacional da caprinocultura e da ovinocultura. **Boletim Ativos de Ovinos e Caprinos**, v. 3, n. 2, p. 3-6, 2016.

MEIRA, A.C.S. *et al.* Impactos socioambientais gerados no curtimento do couro no Semiárido Paraibano. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, 2021.

MENDA, M. CRQ-IV – Conselho Regional de Química - IV Região. **Tratamento químico de couros e peles**, 2012. Disponível em: “www.crq4.org.br/couros_e_peles”. Acesso em: 13 de março de 2025.

MONTEIRO, M.G.; BRISOLA, M.V.; FILHO, J.E.R.V. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil. **IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada**, 2021.

NERES, C.P. *et al.* O agronegócio da carne ovina e caprina no Brasil, uma revisão sobre produção, perspectivas e desafios. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v.11, 2024.

OLIVEIRA, R.J.F. *et al.* Características físico-mecânicas de couros caprinos e ovinos no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.1, p.129-133, 2008.

OLMEDA, A.S.; ALONSO, A. Etiología y biología de las sarnas en pequeños rumiantes. **Ovis**, Madrid, n. 51, 1997.

PACHECO, J.W.F. Curtumes. São Paulo, **CETESB**. 2005.

QUADROS, D.G. **Cadeia produtiva da ovinocultura e da caprinocultura**. 1. ed. Indaial: UNIASSELVI, 2018.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



RAMOS, D.S.; DREYER, C.T.; SCHIMDT, V. Fotossensibilização hepatógena causada por *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em ovino No Rio Grande do Sul. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.4, n.1, p.1240-1246, 2021.

SAGGIN, P.G. et al. *Psoroptes* spp. em caprinos e ovinos. **PUBVET**, v.13, n.8, a385, p.1-5, 2019.

SANTOS, W. de S. et al. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil e na Região Nordeste. **Brazilian Journal of Development**, v.9, 2023.

SCOTT, D.W. Color Atlas of Farm Animal Dermatology, **Wiley Blackwell**, Hoboken, NJ. n.2, p.336, 2016.

SELIM, S.A. et al. Immunological characterization of diphtheria toxin recovered from *Corynebacterium pseudotuberculosis*. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 23, n. 2, p. 282-287. 2016.

SEYFFERT, N. et al. A. Serological proteome analysis of *Corynebacterium pseudotuberculosis* isolated from different hosts reveals novel candidates for prophylactics to control lymphadenitis. **Veterinary Microbiology**, v.174, n. 1-2, p.255-260, 2014.

SURPILLI, F.O. et al. Ocorrência de dermatófitos em tegumento de bovinos e ovinos hígidos. **Arquivo de Ciência Veterinária e Zoologia**, v. 21, n. 1, p. 9-12, 2018.

TIRABASSI, A.H. et al. Surto de sarna Psoróptica em rebanho caprino no estado do Paraná, Brasil. **Veterinária em Foco**, v. 9, n.1, 2011.

WILLIAMSON, L.H. Caseous lymphadenitis in small ruminants. **Veterinary Clinics: Food Animal Practice**, v.17, n.2, p.359-371. 2001.

XIMENES, L.J.F.; CUNHA, A.M. da. **Setor de Peles e de Couros de Caprinos e de Ovinos no Nordeste**. Informe Rural -ETENE. Banco do Nordeste, n.1, 2013.



Uso da quercetina como antioxidante na maturação *in vitro* de embriões bovinos: Revisão de Literatura

Karoline de Assis Veras Bacelar¹; Naylla Raquel Costa Leite Campos¹; Adriana Raquel de Almeida da Anunciação²; Higor da Silva Ferreira²; Felipe de Jesus Moraes Júnior³

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

²Pós-doutorando do Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

³Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A produção *in vitro* (PIV) de embriões bovinos é uma biotecnologia reprodutiva importante que atua como ferramenta para **potencializar a seleção de animais geneticamente superiores**. Por meio da **maturação de oócitos, fertilização e desenvolvimento embrionário**, a PIV aumenta a produção de descendentes de alta qualidade genética, contribuindo para a **diminuição do intervalo entre gerações** e acelerando o progresso genético no **rebanho**. Um aspecto crítico da PIV é a maturação *in vitro* de oócitos (MIV), que influencia diretamente as etapas subsequentes do desenvolvimento embrionário. No entanto, o estresse oxidativo causado por espécies reativas de oxigênio (ERO) durante a MIV pode afetar negativamente a qualidade dos oócitos, levando a falhas de desenvolvimento e perda embrionária. Esta revisão foca no papel dos antioxidantes, particularmente a quercetina, na mitigação do estresse oxidativo durante a MIV. A quercetina, um flavonoide com potentes propriedades antioxidantes, demonstrou aumentar a maturação de oócitos e melhorar a viabilidade embrionária ao reduzir os níveis de ERO. Analisamos os mecanismos bioquímicos pelos quais a quercetina exerce seus efeitos, incluindo sua capacidade de capturar radicais livres. Além disso, destacamos estudos recentes que demonstram a eficácia da quercetina em aumentar a taxa de blastocistos e suas implicações para a melhoria das biotecnologias reprodutivas. Esta revisão tem como objetivo sintetizar as evidências atuais sobre os benefícios da quercetina na produção de embriões bovinos e propor direções futuras de pesquisa para sua aplicação na biotecnologia reprodutiva.

Palavras chave: Estresse oxidativo, biotecnologia reprodutiva, maturação *in vitro*.

INTRODUÇÃO

A produção *in vitro* (PIV) é uma biotécnica reprodutiva que visa a formação de novos indivíduos pela interação de gametas fora do trato reprodutivo da fêmea, focando em obter embriões viáveis com alto valor genético (Mello *et al.*, 2016). Essa biotécnica envolve três etapas desenvolvidas em laboratório: maturação *in vitro* de oócitos (MIV), fecundação *in vitro* (FIV) e cultivo *in vitro* de embriões (CIV), essa última etapa se inicia imediatamente



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



após a fecundação e se prolonga até os estádios de blastocisto (Varago *et al.*, 2008). Apesar de todas as etapas serem importantes, a etapa da MIV assume um papel decisivo no embrião por interferir diretamente nas fases subsequentes. Além disso, a fase de maturação, permite ao oócito expressar seu potencial máximo de desenvolvimento (Edwards, 1965; Barreto *et al.*, 2007).

As condições de maturação *in vitro* (MIV) são essenciais para o sucesso da produção de embriões bovinos, influenciadas por fatores como atmosfera gasosa, meio de cultivo, temperatura, suplementação protéica e fatores de crescimento (Melanie *et al.*, 2012). Logo, os erros durante a maturação citoplasmática e nuclear afetam diretamente o desenvolvimento embrionário, fazendo com que os problemas que surgem na maturação citoplasmática prejudiquem a disponibilidade de fatores essenciais para a transcrição e RNAm durante a embriogênese inicial (Reyes; Ross, 2016). Por outro lado, erros na maturação nuclear, resultantes de uma divisão meiótica defeituosa, podem causar aneuploidias no embrião, impactando negativamente seu desenvolvimento e aumentando o risco de malformações ou perda gestacional (Stolakis; Bertero, 2019).

Estes desafios ressaltam a necessidade de compreender e abordar adequadamente problemas relacionados à reprodução assistida visando a melhoria das técnicas de reprodução e promoção do desenvolvimento embrionário saudável. Assim, alguns pesquisadores sugerem que a elevada presença de espécies reativas de oxigênio (ERO's) durante a PIV pode ser responsável pelos erros mencionados, uma vez que o estresse oxidativo durante esse processo induz a formação de erros cromossômicos, peroxidação lipídica e danos mitocondriais (Agarwal *et al.*, 2022). Esses efeitos prejudiciais comprometem a competência oocitária, afetando diretamente o desenvolvimento do blastocisto (Choi *et al.*, 2008; Mihalas *et al.*, 2017).

Para minimizar os eventuais erros que podem ocorrer durante a MIV, têm surgido pesquisas com substâncias antioxidantes com potencial de aumentar as taxas de maturação (Silva; Silva, 2023). Estas substâncias exercem o controle do estresse oxidativo durante o crescimento folicular *in vitro*, permitindo que haja um equilíbrio entre os níveis de ERO's e de antioxidantes (Khazaei; Aghaz, 2017).

Atualmente, algumas substâncias já tiveram seu potencial antioxidante comprovado, dentre as quais destacam-se: melatonina, resveratrol, ácido L-ascórbico, L-carnitina, N-acetilcisteína, cisteamina, quercetina, nobiletina, licopeno, acteosídeo, mogrosídeo V, ficocianina, laminarina e angiotensina (Silva; Silva, 2023). Estes antioxidantes têm sido utilizados na fase de maturação com o objetivo de equilibrar a formação de espécies reativas



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



de oxigênio (ERO's) e manter as funções fisiológicas dos oócitos.

Assim, a quercetina se apresenta como um antioxidante com potencial superior aos demais, como as vitaminas E e C, pois a sua estrutura bioquímica apresenta vários grupos hidroxilas o que lhe confere seu potencial uso na MIV (Barreiros *et al.*, 2006). Além disso, por ser um flavonóide polifenólico encontrado em frutas, grãos e flores, com propriedades antioxidantes, antiapoptóticas e antiinflamatórias, contribui para reduzir a morte celular ao suprimir a formação de radicais livres (Davoodian *et al.*, 2021).

Nesse contexto, esta revisão tem como objetivo analisar os impactos do antioxidante quercetina na maturação *in vitro* de embriões bovinos, explorando suas propriedades antioxidantes e como ela pode aumentar a taxa de produção de embriões. O trabalho sintetiza evidências científicas sobre a eficácia da quercetina na redução do estresse oxidativo e busca identificar perspectivas futuras para a aplicação da quercetina na biotecnologia reprodutiva. Assim, nas seções seguintes será abordado os tópicos de Maturação oocitária, estresse oxidativo, e utilização de antioxidantes na PIV.

Maturação oocitária

A técnica de produção de embriões *in vitro* (PIV) é uma biotecnologia reprodutiva voltada para a ampliação do potencial genético das fêmeas, acelerando a produção de animais geneticamente superiores e facilitando a disseminação do germoplasma globalmente (Berglund, 2008). Este processo complexo consiste em três etapas principais: maturação *in vitro* de oócitos (MIV), fecundação *in vitro* (FIV) e cultivo *in vitro* (CIV), até os estágios de mórula e blastocisto. Após essas etapas, os embriões podem ser transferidos para fêmeas receptoras ou criopreservados para uso futuro (Varago *et al.*, 2008).

A maturação oocitária é um componente essencial da PIV, dividida em três fases principais: maturação nuclear, citoplasmática e molecular. Cada uma dessas etapas desempenha um papel crítico na preparação do oócito para a fecundação e subsequente desenvolvimento embrionário (Anguita *et al.*, 2007; Gonçalves *et al.*, 2008; Sirard *et al.*, 2006). O objetivo da maturação oocitária é dotar o oócito da capacidade de se desenvolver plenamente, tornando-o apto para fecundação e geração de embriões viáveis, um aspecto fundamental em biotecnologias reprodutivas, como a FIV (Gonçalves *et al.*, 2008; Dickinson *et al.*, 2016; Peixer *et al.*, 2018).

Maturação Nuclear

A maturação nuclear é caracterizada pela retomada e pela conclusão da meiose, pois



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



durante esse processo o oócito permanece interrompido na fase de prófase I, período que se estende desde a vida fetal até pouco antes da ovulação (Hyttel *et al.*, 2012). Essa fase pode ocorrer naturalmente ou ser induzida artificialmente por meio de técnicas de MIV. O evento da retomada da meiose ocorre logo após o pico do hormônio luteinizante (LH) e/ou pela retirada do oócito do ambiente folicular, levando à ruptura da vesícula germinativa (RVG), condensação da cromatina e extrusão do primeiro corpúsculo polar, avançando para a metáfase II (Strączyńska *et al.*, 2022; Mogollón-Waltero *et al.*, 2013). A maturação nuclear depende de mecanismos moleculares rigorosamente regulados, como a ativação do Fator de Promoção da Maturação (MPF) e das Quinases Ativadas por Mitógenos (MAPKs), que são fundamentais para a correta segregação cromossômica e para evitar anomalias genéticas (Sirard *et al.*, 1998; Abrieu *et al.*, 2001; Gonçalves *et al.*, 2021).

Maturação Citoplasmática

A maturação citoplasmática envolve mudanças morfofisiológicas que ocorrem no citoplasma do oócito, como a redistribuição de organelas essenciais para a fecundação e o desenvolvimento inicial do embrião (Bever *et al.*, 1997; Hyttel *et al.*, 1997; Ferreira *et al.*, 2009). Durante este processo, organelas como mitocôndrias, retículo endoplasmático e grânulos corticais sofrem modificações que garantem a fecundação e o desenvolvimento normal do zigoto (Crocomo *et al.*, 2011). As mitocôndrias se concentram em regiões que demandam maior energia, enquanto o retículo endoplasmático desempenha um papel central na sinalização da retomada da meiose (Yao *et al.*, 2023). Os grânulos corticais são fundamentais para prevenir a poliespermia, liberando seu conteúdo após a fecundação e alterando a zona pelúcida (Ferreira *et al.*, 2008). Os filamentos do citoesqueleto, como microtúbulos e filamentos de actina, também são importantes durante a maturação citoplasmática (Ferreira *et al.*, 2008).

Maturação Molecular

A maturação molecular inclui a síntese, fosforilação e armazenamento de proteínas, além da ativação de processos metabólicos que preparam o oócito para o desenvolvimento embrionário (Stojkovic *et al.*, 2001; Ferreira *et al.*, 2009). Durante essa fase, ocorrem transcrições e armazenamento de RNAs mensageiros (RNAm) essenciais para as primeiras etapas do desenvolvimento (Ferreira *et al.*, 2009). A regulação desse processo depende de fatores de crescimento e sinalização intracelular, como o cálcio, crucial para a reativação meiótica e para a preparação do oócito para ser fecundado (Yao *et al.*, 2023).



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Em resumo, o sucesso da maturação oocitária é resultado da interação harmoniosa entre os processos nucleares, citoplasmáticos e moleculares. Essa coordenação é vital para garantir a competência do oócito e a viabilidade do embrião, constituindo um fator crítico na reprodução assistida e na produção *in vitro* de embriões. A otimização desses processos permanece um desafio para melhorar as taxas de sucesso nas biotecnologias reprodutivas, como a fertilização *in vitro*.

Estresse oxidativo

Durante a geração de ATP na cadeia respiratória mitocondrial, o oxigênio atua como aceptor final de elétrons, resultando na formação de espécies reativas de oxigênio (ERO's) como ânions superóxidos (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e radicais hidroxila (OH^-) (Ighodaro; Akinloye, 2018). Essas ERO's são inevitáveis durante o processo de maturação do oócito (Yao *et al.*, 2023) e são caracterizadas por sua instabilidade eletrônica e alta reatividade, permitindo-lhes interagir com uma ampla gama de compostos. Elas podem atuar tanto como agentes oxidantes, aceitando elétrons, quanto como agentes redutores, doando elétrons (Agarwal *et al.*, 2005). O excesso dessas espécies reativas pode induzir estresse oxidativo nas células, causando danos ao DNA, RNA e proteínas, além de comprometer a função mitocondrial (Comporti, 1989). Esse estresse pode interferir na fecundação do oócito pelo espermatozoide (Aitken; Fisher, 1994) e, em casos mais extremos, levar à morte celular (Guerin *et al.*, 2001).

O estresse oxidativo ocorre quando há um desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio (ERO's), frequentemente chamadas de radicais livres, e a capacidade do organismo de neutralizá-las através de mecanismos antioxidantes (Agarwal *et al.*, 2005). Esse desequilíbrio pode resultar de um aumento na produção de radicais livres e/ou uma redução na eficácia dos antioxidantes, tanto intracelulares quanto extracelulares (Rover *et al.*, 2001; Lubberda, 2005). O estresse oxidativo pode causar danos às estruturas celulares e levar a alterações bioquímicas e funcionais, potencialmente induzindo o processo de apoptose ou resultando em morte celular por necrose (Feugang *et al.*, 2004; Assis, 2014).

Nos sistemas de cultivo *in vitro*, o estresse oxidativo é identificado como uma das principais causas da baixa eficiência na maturação oocitária e no desenvolvimento embrionário em diversas espécies (Lubberda, 2005). A produção *in vitro* de embriões resulta na formação de ERO's, influenciada por fatores como pressão de oxigênio, exposição à luz e manipulação excessiva (Guerin *et al.*, 2001), criando condições subótimas para o desenvolvimento de oócitos imaturos (Pereira *et al.*, 2010). Esses fatores impactam



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



diretamente o processo de meiose, a estrutura do citoesqueleto e a expressão gênica, levando a uma redução na qualidade do oócito (Combelles *et al.*, 2009; Soto-Heras; Paramio, 2020; Yao *et al.*, 2023).

As ERO's desempenham um papel fundamental na ruptura dos folículos de onde se originam, mas, quando em excesso, podem causar estresse oxidativo nos oócitos. Portanto, é crucial neutralizá-las continuamente para manter níveis adequados que favoreçam o funcionamento celular normal (Fatehi *et al.*, 2005). No nível celular, o estresse oxidativo pode resultar em danos a lipídios, proteínas, carboidratos e DNA, induzindo a apoptose e a morte celular (Assis, 2014). Além disso, pode estimular a proliferação celular, levando as células a desenvolver mecanismos de defesa como adaptação ao estresse oxidativo (Assis, 2014).

Pesquisas indicam que enzimas antioxidantes endógenas e antioxidantes não enzimáticos presentes nos folículos são eficazes na neutralização da peroxidação lipídica (Guerin *et al.*, 2001). Portanto, quaisquer alterações que comprometam a atividade dessas substâncias podem aumentar significativamente a atividade das ERO's, elevando o estresse oxidativo nos oócitos. Para mitigar os efeitos prejudiciais do excesso de ERO's, a utilização de uma variedade de antioxidantes durante o processo de maturação *in vitro* é uma abordagem comum (Yao *et al.*, 2023).

Utilização de antioxidantes na PIV

Uma molécula antioxidante é definida como aquela que, em baixas concentrações em relação ao substrato oxidável, evita ou retarda sua oxidação e converte EROs em água (Halliwell, 1989; Halliwell; Whiteman, 2004). No ambiente natural da tuba uterina, o fluido folicular é rico em antioxidantes; no entanto, durante o cultivo *in vitro*, os meios de cultura costumam apresentar baixa concentração de antioxidantes e altas concentrações de EROs. Logo, para promover um ambiente favorável ao desenvolvimento embrionário, torna-se essencial a adição de antioxidantes aos meios de produção *in vitro* (Silva *et al.*, 2010).

Já foi relatado que em humanos há dois tipos principais de sistemas antioxidantes para combater a formação de metabólitos derivados do oxigênio: os enzimáticos e os não enzimáticos (Ighodaro; Akinloye, 2018). Os antioxidantes enzimáticos são naturais e trabalham para neutralizar o excesso de EROs, protegendo as estruturas celulares contra danos. Eles agem por meio da doação de elétrons ou convertendo EROs em água, e incluem enzimas como superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxirredoxinas (Prx), glutathione (GSH), glutathione redutase (GR) e glutathione peroxidase (Andrade *et al.*, 2010).



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Por outro lado, o sistema não enzimático é composto por antioxidantes sintéticos ou suplementos dietéticos, que protegem os alvos biológicos contra o estresse oxidativo por meio de diferentes mecanismos, como inibição da formação de radicais livres ou neutralização destes (Ribeiro *et al.*, 2005; Crocomo *et al.*, 2012).

Os antioxidantes não enzimáticos incluem substâncias de baixo peso molecular presentes na dieta, como ácido ascórbico (vitamina C), α -tocoferol (vitamina E), selênio, zinco, carotenoides e ácido lipóico (Crocomo *et al.*, 2013). Flavonoides e compostos fenólicos de origem natural também desempenham um papel significativo na proteção contra EROs (Halliwell, 1989; Sies, 1991). Para um sistema de cultura de embriões, é fundamental manter um equilíbrio adequado entre EROs e antioxidantes, pois isso favorece a maturação e o desenvolvimento embrionário *in vitro* (Guerin *et al.*, 2001; Andrade *et al.*, 2010; Sovernigo *et al.*, 2017). O uso de antioxidantes é, portanto, crucial em ambientes com altas concentrações de oxigênio (20% de O₂), reduzindo danos causados pelo estresse oxidativo, que pode levar à apoptose celular e danos ao DNA (Scotti *et al.*, 2007; Liu *et al.*, 2010).

A quercetina, um flavonoide proeminente presente em diversas plantas, é considerada um antioxidante natural não enzimático. Ela é reconhecida por suas propriedades terapêuticas, incluindo ação antineoplásica, antiarrítmica, antimicrobiana e antiviral (Kelly, 2011; Kang *et al.*, 2013). A quercetina possui uma fórmula molecular de C₁₅H₁₀O₇, com um peso molecular de 302,24 g/mol, e frequentemente é encontrada em sua forma glicosilada. É sensível à luz e se destaca entre outros flavonoides devido à sua bioatividade superior (Liu *et al.*, 2010; Oliveira, 2016).

A estrutura química dos flavonoides é composta por dois anéis benzênicos conectados a um anel pirano. Alterações na estrutura resultam em diferentes classes de flavonoides, e a quercetina possui características que a tornam particularmente eficaz como antioxidante, como grupos hidroxifenólicos que conferem atividade redox (Hollman e Katan, 1999). Os mecanismos antioxidantes da quercetina envolvem a interação direta com íons superóxido, formação de radicais hidroxila e proteção contra peroxidação lipídica (Afanas'ev *et al.*, 1989; Kang *et al.*, 2013; Behling *et al.*, 2004).

A tabela 1 **apresenta** os efeitos da quercetina em oócitos e embriões de diversas espécies, observa-se que, no **bovino**, a quercetina a 2 μ M se destaca por **melhorar a taxa de blastocistos e aumentar os níveis de GSH** nos oócitos, sem afetar a maturação nuclear, e com resultados semelhantes para eclosão e número de células embrionárias. Além disso, em **outras espécies**, como o **porco**, a quercetina a 1 μ g/mL mostrou-se eficaz ao **reduzir os níveis de ERO's**, melhorando a formação de blastocistos, enquanto em **camundongos**, a

dosagem de 5 μ M foi associada à **redução da apoptose e aumento do desenvolvimento embrionário**, destacando-se como um potente modulador do estresse oxidativo e do desenvolvimento celular em várias condições experimentais, com um potencial de combate ao estresse oxidativo até cinco vezes maior (Kang *et al.*, 2013; Behling *et al.*, 2004). Além disso, a quercetina pode se ligar a hormônios, enzimas e DNA, desempenhando um papel importante na saúde celular (Alrawaiq; Abdullah, 2014).

Tabela 1: Efeitos da quercetina em oócitos e embriões de diferentes espécies

Tipo de Célula	Espécie	Dose de Quercetina avaliada	Efeitos observados	Melhor resultado	Referência
Oócitos e Embriões	Bovino	0,4, 2, 10 e 50 μ M	Porcentagem de maturação nuclear não diferiu entre os grupos; Melhoria das taxas de blastocisto. Níveis de GSH maiores nos oócitos maturados com cisteamina. Resultados semelhantes para a taxa de embriões eclodidos e o número de células embrionárias.	2 μ M	Guemra <i>et al.</i> (2013)
Oócito	Suíno	1, 10 e 50 μ g/mL	Em baixas concentrações: aumento significativo da taxa de blastocistos e níveis significativamente mais baixos de ERO's, sem melhoria da maturação nuclear dos oócitos. Doses excessivas foram prejudiciais aos oócitos e embriões sem reduzir os níveis de ERO's.	1 μ g/mL	Kang <i>et al.</i> (2013)
Oócito	Suíno	5, 15, 25, 35 μ g/mL	Aumentando a taxa de expansão das células <i>cumulus</i> . Aumentando o desenvolvimento embrionário na fase de mórulas.	25 μ g/mL	Orlovski <i>et al.</i> (2014)

Embriões	Rato	1, 5 e 10 μ M	Diminuindo os níveis de ERO's, mantendo a função mitocondrial, reduzindo a apoptose e aumentando o número total de células nos blastocistos.	5 μ M	Yu <i>et al.</i> (2014)
Oócito	Porco	1, 10 e 50 μ g/mL de Quercetina ou taxifolina	Aumento da formação de blastocistos (Reduzindo ERO's e aumentando GSH) em baixas concentrações; Não houve diferenças significativas na taxa de maturação, exceto para o tratamento com 50 μ g/mL que obteve taxa menor que o controle. Prejudicial em altas concentrações.	1 μ g/mL	Kang <i>et al.</i> (2016)
Embriões	Camundongos	2, 5, 10 e 20 μ M	A administração da quercetina reduz a apoptose celular nos embriões e o estresse intracelular.	-	Cao <i>et al.</i> (2016)
Oócito	Bovino	2 μ M	Diminuindo o estresse oxidativo. Aumentando os níveis de GSH nos oócitos. Nenhum efeito positivo no número total de células do embrião. Melhorando o desenvolvimento do blastocisto com eficácia semelhante. As taxas de maturação e blastocistos eclodidos não diferiram entre os grupos.	-	Sovernigo <i>et al.</i> (2017)
Oócito	Rato	1, 5 e 10 μ M	Redução de alterações morfológicas induzidas pelo envelhecimento, defeitos na organização do fuso e distribuição mitocondrial. Diminuição da atividade de MPF e início de apoptose. Melhorando o desenvolvimento embrionário.	10 μ M	Wang <i>et al.</i> (2017)

Oócito	Coelho	30 mg/kg	Aumentando os oócitos recuperados, oócitos de grau A e número de folículos. Melhorando os folículos primordiais e antrais. Diminuindo a apoptose de GCs.	-	Naseer <i>et al.</i> (2017)
Oócito	cabra	4 e 8 μ M	Melhorando a expansão das células do <i>cumulus</i> , a taxa de maturação nuclear e a atividade mitocondrial. Diminuindo a taxa de apoptose.	4 μ M	Silva <i>et al.</i> (2018)
Oócito	Ovelha	5 e 15 μ g/mL	Aumento na taxa de clivagem e taxa de produção de blastocistos	15 μ g/mL	Karimian <i>et al.</i> (2018)
Embriões	Camundongos	5 μ M	Promoveu o desenvolvimento embrionário e redução da apoptose, levando a melhoria da taxa de blastocisto expandido e eclodido.	5 μ M	Sameni <i>et al.</i> (2018)
Oócito	Camundongos	5, 10 e 20 μ g/mL	Aumentou o número de oócitos maturados de forma dose dependente; Melhorou a maturação nuclear e o desenvolvimento embrionário, reduzindo o estresse oxidativo.	10 μ g/mL	Seyede <i>et al.</i> (2018)
Embriões	Bovino	10 μ M	Melhora a viabilidade do embrião pré-implantacional, regulando positivamente a expressão de NRF2 e genes antioxidantes.	10 μ M	Khadrawy <i>et al.</i> (2020)
Oócitos	Camundongos	5, 10 e 20 μ M	Melhora a maturação e desenvolvimento inicial dos oócitos conforme a morfologia avaliada do fuso/cromossomo e pela distribuição dos grânulos corticais; reduz as ERO's através a acetilarão mediada por SIRT3.	10 μ M	Cao <i>et al.</i> (2020)
Oócitos	Ovinos	5 μ M	Melhorou as taxas de sobrevivência, clivagem e blastocisto, afetou oócitos apoptóticos precoces e aumentou o número de oócitos atingindo o estágio MII (em soluções de vitrificação e aquecimento).	5 μ M	Davoodian <i>et al.</i> (2021)

Oócitos	Suíno	5, 10 e 20 μ M	Melhorou a taxa de maturação, reduziu o estresse oxidativo, mantendo a função mitocondrial, preveniu a apoptose precoce e anormalidades do fuso.	10 μ M	Yafei <i>et al.</i> (2022)
---------	-------	--------------------	--	------------	----------------------------

Pesquisas sobre a suplementação de quercetina demonstraram resultados promissores na maturação de oócitos bovinos e no desenvolvimento embrionário, com aumento das taxas de desenvolvimento em oócitos suínos maturados na presença de quercetina, especialmente no estágio de blastocisto (Guemra *et al.*, 2013; Kang *et al.*, 2013). No entanto, a atividade pró-oxidante de alguns flavonoides foi relatada em estudos, levando a efeitos citotóxicos e pró-apoptóticos, o que requer mais investigação sobre as concentrações ideais de quercetina para equilibrar a produção de EROs e evitar danos celulares (Ueda *et al.*, 2002; Behling *et al.*, 2004).

Essas considerações sublinham a importância de otimizar o uso de antioxidantes como a quercetina na medicina e na biotecnologia, especialmente em sistemas que operam sob condições de estresse oxidativo elevado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do antioxidante quercetina no processo de maturação *in vitro* de embriões bovinos tem demonstrado impactos significativos na taxa de desenvolvimento embrionário. Este composto apresenta um grande potencial para mitigar o estresse oxidativo, contribuindo para a melhoria da maturação oocitária ao atuar na modulação de processos moleculares e celulares essenciais. Além disso, com base nas evidências disponíveis na literatura, é evidente que as propriedades químicas da quercetina oferecem uma abordagem promissora para otimizar os protocolos de produção de embriões *in vitro*. No entanto, recomenda-se a adição da quercetina em dosagens específicas, pois a concentração ideal é crucial para maximizar os benefícios antioxidantes e evitar efeitos adversos. Assim, a inclusão adequada de quercetina nos protocolos de PIV visa não apenas aumentar a eficiência reprodutiva, mas também aprimorar a qualidade dos embriões gerados.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Capes (Código do financiamento 001). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pela concessão da bolsa de doutorado a Karoline de Assis Veras Bacelar



e Naylla Raquel Costa Leite Campos.

REFERÊNCIAS

ABRIEU, A. *et al.* The interplay between cyclin-B-Cdc2 kinase (MPF) and MAP kinase during maturation of oocytes. **Journal of Cell Science**, v. 114, p. 257-267, 2001.

AFANAS'EV, I. B. *et al.* Chelating and free radical scavenging mechanisms of inhibitory action of rutin and quercetin in lipid peroxidation. **Biochemical Pharmacology**, v. 38, p. 1763-1769, 1989.

AGARWAL, A. *et al.* Oxidative Stress and Assisted Reproduction: A Comprehensive Review of Its Pathophysiological Role and Strategies for Optimizing Embryo Culture Environment. **Antioxidants**, v. 11, p. 477, 2022.

AGARWAL, A. *et al.* Role of oxidative stress in female reproduction. **Reproductive Biology Endocrinology**, v. 3, n. 28, p. 1-21, 2005.

AITKEN, R.J.; FISHER, H. Reactive oxygen species generation and human spermatozoa: the balance of benefit and risk. **Bio Essays**, v. 16, p. 259-267, 1994.

ALRAWAIQ, N.S.; ABDULLAH, A.A Review of Flavonoid Quercetin: Metabolism, Bioactivity and Antioxidant Properties. **International Journal PharmTech Research**, v. 6, n. 3, p. 933-941, 2014.

ANDRADE, E.R. *et al.* Consequências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 34, n. 2, p. 79-85, 2010.

ANGUITA, B. *et al.* Effect of oocyte diameter on meiotic competence, embryo development, p34 (cdc2) expression and MPF activity in prepubertal goat oocytes. **Theriogenology**, v. 67, p. 526-536, 2007.

ASSIS, P. M. de. **Melatonina no cultivo *in vitro* de embriões bovinos: dinâmica e a ação antioxidante.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10131/tde-16032015-162004/>.

BARREIROS, A.L.B.S. *et al.* Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química Nova**, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BARRETO, L.S. *et al.* Papel da roscovitina e IBMX na cinética nuclear e citoplasmática maturação de oócitos bovinos *in vitro*. **Animal Reprodução Ciência**, v. 99, p. 202-207, 2007.

BEHLING, E. *et al.* Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas. **Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BERGLUND, B. Genetic Improvement of Dairy Cow Reproductive Performance. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 43, p. 89-95, 2008.

BEVERS, M. M. *et al.* Regulation and modulation of oocyte maturation in the bovine. **Theriogenology**, v. 47, p.13-22, 1997.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



CAO, Y. *et al.* Quercetin promotes *in vitro* maturation of oocytes from humans and aged mice. **Cell Death & Disease**, v. 11, p. 965, 2020

CAO, L. *et al.* Amelioration of intracellular stress and reduction of neural tube defects in embryos of diabetic mice by phytochemical quercetin. **Scientific Reports**, v. 6:21491, 2016.

CHOI, E.J. *et al.* Antiproliferative effects of quercetin through cell cycle arrest and apoptosis in human breast cancer MDA-MB-453 cells. **Archives of Pharmacal Research**, v. 31, n. 10, p. 1281, 2008.

COMBELLES, C.M. *et al.* Could oxidative stress influence the *in vitro* maturation of oocytes? **Reproductive BioMedicine Online**, n. 18, p. 864-880, 2009.

COMPORTI, M. Three models of free radical induced cell injury. **Chemico-Biological Interactions**, v. 72, p. 1-56, 1989.

CROCOMO, L. F. *et al.* Aspectos bioquímicos e ultraestruturas da maturação oocitária. **Veterinária e Zootecnia**, v. 18, n. 4, p. 542-552, 2011.

CROCOMO, L. F. *et al.* Produção de embriões *in vitro*: estresse oxidativo e antioxidantes. **Veterinária e Zootecnia**, v. 19, n. 4, p. 470-479, 2012.

CROCOMO, L. F.; *et al.* Effect of roscovitine and cycloheximide on ultrastructure of sheep oocytes. **Small Ruminant Research**, v. 109, n. 2-3, p. 156-162, 2013.

DAVOODIAN, N. *et al.* Quercetin effect on the efficiency of ovine oocyte vitrification at GV stage. **Theriogenology**, v. 174, p. 53-59, 2021.

DICKINSON, S.E.; *et al.* Efeito da maturação do folículo pré-ovulatório no estabelecimento da prenhez em bovinos: o papel da competência oócitaria e do ambiente materno. **Anais. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Embriões**, Foz do Iguaçu, p.107-114, 2016.

EDWARDS, R.G. Maturação *in vitro* de oócitos de camundongo, ovelha, vaca, porco, macaco rhesus e ovários humanos. **Natureza**, v. 208, p. 349-351, 1965.

FATEHI, A. N. *et al.* Presence of *cumulus* cells during *in vitro* fertilization protects the bovine oocyte against oxidative stress and improves first cleavage but does not affect further development. **Zygote**, v. 13, p. 177-185, 2005.

FERREIRA, E.L. *et al.* Maturação citoplasmática de oócitos bovinos: aquisição de competência para o desenvolvimento. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 32, p.172-181, 2008.

FERREIRA, E.M. *et al.* Cytoplasmic maturation of bovine oocytes: Structural and biochemical modifications and acquisition of developmental competence. **Theriogenology**, v. 71, p. 836-848, 2009.

FEUGANG, J.M. *et al.* Addition of b-mercaptoethanol or Trolox® at the morula/blastocyst stage improves the quality of bovine blastocysts and prevents induction of apoptosis and degeneration by prooxidant agents. **Theriogenology**, p. 61, p. 71-90, 2004.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



GONÇALVES, P.B.D. *et al.* **Biotécnicas aplicadas à reprodução animal e à humana.** 3^a ed. Rio de Janeiro: Roca, 2021.

GONÇALVES, P.B.D. *et al.* **Produção *in vitro* de embriões.** In: GONÇALVES, P. B. D.; FIGUEIREDO, J. R.; FREITAS, V. J. F. (org). **Biotécnicas Aplicadas à Reprodução Animal.** 2. ed. São Paulo: Roca, p. 261-291, 2008.

GUEMRA, S. *et al.* Maturação *in vitro* de oócitos bovinos em meios suplementados com quercetina e seu efeito sobre o desenvolvimento embrionário. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p.1616-1624, Belo Horizonte, 2013.

GUERIN P.E.L. *et al.* Oxidative stress and protection against reactive oxygen species in the pre-implantation embryo and its surroundings. **Human Reproduction Update**, v. 7, p. 175-189, 2001.

HALLIWELL, B. Free radicals, reactive oxygen species and human disease: a critical evaluation with special reference to atherosclerosis. **The British Journal of Experimental Pathology**, v. 70, p. 737-757, 1989.

HALLIWELL, B.; WHITEMAN, M. Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean?. **British Journal of Pharmacology**, v. 142, n. 2, p. 231-55, 2004.

HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food and Chemical Toxicology**, v. 37, n. 9, p. 937-942, 1999.

HYTTEL, P. *et al.* **Embriologia veterinária.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

HYTTEL, P.T. *et al.* Oocyte growth, capacitation and final maturation in cattle. **Theriogenology**, v. 47, p. 23-32, 1997.

IGHODARO, O.M.; AKINLOYE, O.A. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. **Alexandria Jornal de Medicina**, v. 54, p. 287-293, 2018.

KANG, J. T. *et al.* Effect of antioxidant flavonoids (quercetin and taxifolin) on *in vitro* maturation of porcine oocyte. **Asian-Australas Journal Animal**, v. 29, n. 3, p. 352-358, 2016.

KANG, J. T. *et al.* Quercetin improves the *in vitro* development of porcine oocytes by decreasing reactive oxygen species levels. **Journal of veterinary science**, v. 14, n. 1, p. 15-20, 2013.

KARIMIAN, M. *et al.* Effects of grape seed extract, quercetin and vitamin C on ovine oocyte maturation and subsequent embryonic development. **Cellular and Molecular Biology**, v. 64, n.4, p. 98-102, 2018.

KELLY, G. S. **Quercetin.** Monograph. Altern Med Rev v. 16, p. 172-194, 2011.

KHADRAWY, O. *et al.* Quercetin supports bovine preimplantation embryo development under oxidative stress condition via activation of the Nrf2 signalling pathway. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 00, p. 1-11, 2020.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



KHAZAEI, M.; AGHAZ, F. Reactive oxygen species generation and use of antioxidants during *in vitro* maturation of oocytes. **International Journal of Fertility & Sterility**. v. 11(2), p. 63-70, 2017.

LIU, S. *et al.* Quercetin protects against ethanol-induced oxidative damage in rat primary hepatocytes. **Toxicology In vitro**, v. 24, p. 516- 522, 2010.

LUBERDA, Z. The role of glutathione in mammalian gametes. **Reproductive Biology**, v. 5, p. 5-17, 2005.

MELANIE, L. *et al.* Metabolic Differences in Bovine Cumulus-Oocyte Complexes Matured In Vitro in the Presence or Absence of Follicle-Stimulating Hormone and Bone Morphogenetic Protein 15. **Biology of Reproduction**, v. 87, n. 4, p. 1–8, 2012.

MELLO, R.R.C. *et al.* Produção *in vitro* (PIV) de embriões em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 40, n. 2, p. 58-64, 2016.

MIHALAS, B.P.; *et al.* Molecular mechanisms responsible for increased vulnerability of the ageing oocyte to oxidative damage. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, 4015874, 2017.

MOGOLLÓN-WALTERO, E.M. *et al.* Sinalização por insulina durante a maturação *in vitro* de oócitos bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**. v. 35, n.1, p.12-20, 2013.

NASEER, Z. *et al.* Quercetin supplemented diet improves follicular development, oocyte quality, and reduces ovarian apoptosis in rabbits during summer heat stress. **Theriogenology**, v. 96, p. 136-141, 2017.

OLIVEIRA, M. **Kisspeptina: Efeito na maturação *in vitro* de oócitos bovinos**. Dissertação (mestrado em Ciências Veterinárias) – Programa de Pós Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2016.

ORLOVSCHI, D. *et al.* Quercetin efficacy on *in vitro* maturation of porcine Oocytes. **Scientific papers: Animal Science & Biotechnologies**, v. 47, n. 1, 2014.

PEIXER, P.F. *et al.* Produção *in vitro* de embriões bovinos. **Revista Espacios**, v. 39, n. 16, p. 2, 2018.

PEREIRA, M.M. *et al.* Quantificação de transcritos maternos em oócitos bovinos submetidos a diferentes condições de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 6, p.1394-1400, 2010.

REYES, J.M.; ROSS, P.J. Cytoplasmic polyadenylation in mammalian oocyte maturation. **Wires RNA: Wiley Interdisciplinary Reviews**, v. 7, p. 71-89, 2016.

SAMENI, R.H. *et al.* Effect of quercetin on the number of blastomeres, zona pellucida thickness, and hatching rate of mouse embryos exposed to actinomycin D: An experimental study. **International Journal of Reproductive BioMedicine**, v. 16. n. 2. p. 101-108, 2018.

RIBEIRO, S.M.R. *et al.* A formação e os efeitos das espécies reativas de oxigênio no meio biológico. **Bioscience journal**, v. 21, n. 3, p. 133-149, 2005.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



ROVER JR, L. *et al.* Sistema Antioxidante envolvendo o ciclo metabólico da glutatona associado a métodos eletroanalíticos na avaliação do estresse oxidativo. **Química Nova**, v. 24, p. 112-119, 2001.

SCOTTI, L. *et al.* Modelagem molecular aplicada ao desenvolvimento de moléculas com atividade antioxidante visando ao uso cosmético. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 43, n. 2, p. 3-12, 2007.

SEYEDE, Z.B. *et al.* Quercetin improves developmental competence of mouse oocytes by reducing oxidative stress during *in vitro* maturation. **Annals of Animal Science**, v. 18, n. 1, p. 87-98, 2018.

SIES, H. Oxidative stress: from basic research to clinical application. **The American Journal of Medicine**, v. 91, 1991.

SILVA, A.A.A. *et al.* Quercetin influences *in vitro* maturation, apoptosis and metabolically active mitochondria of goat oocytes. **Zygote**, v. 26, p. 465-470, 2018.

SILVA, B.R.; SILVA, J.R.V. Mechanisms of action of non-enzymatic antioxidants to control oxidative stress during *in vitro* follicle growth, oocyte maturation, and embryo development. **Animal Reproduction Science**, 249, 2023.

SILVA, C. *et al.* Influência da tensão de oxigênio na maturação oocitária e cultivo *in vitro* de folículos e embriões. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 34, n. 4, p. 233-242, 2010.

SIRARD, M.A. *et al.* Contribution of the oocyte to embryo quality. **Theriogenology**, v.65, n.1, p.126-36, 2006.

SIRARD, M. A. *et al.* Controlling meiotic resumption in bovine oocytes: a review. **Theriogenology**, v. 49, p. 483-497, 1998.

SOTO-HERAS, S.; PARAMIO, M.T. Impact of oxidative stress on oocyte competence for *in vitro* embryo production programs. **Research in Veterinary Science**, v. 132, p. 342-350, 2020.

SOVERNIGO, T.C. *et al.* Effects of supplementation of medium with different antioxidants during *in vitro* maturation of bovine oocytes on subsequent embryo production. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 00, p. 1-9, 2017.

STOJKOVIC, M. *et al.* Mitochondrial distribution and adenosine triphosphate content of bovine oocytes before and after *in vitro* maturation: correlation with morphological criteria and developmental capacity after *in vitro* fertilization and culture. **Biology of Reproduction**, v. 64, p. 904-909, 2001.

STOLAKIS, V.; BERTERO, M.C. Molecular aspects of aneuploidy in preimplantation human embryos: a mini-review. **Annals of Research Hospitals**, v. 3, p. 1-12, 2019.

STRĄCZYŃSKA, P. *et al.* Signaling mechanisms and their regulation during *in vivo* or *in vitro* maturation of mammalian oocytes. **Reproductive Biology and Endocrinology**, v. 20, n. 37, p. 1-12, 2022.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



UEDA. *et al.* Bacalein induces apoptosis via mitochondrial pathway as prooxidant. **Molecular Immunology**, v. 38, n. 10, p. 781-791, 2002.

VARAGO, F.B. *et al.* Produção *in vitro* de embriões bovinos: estado da arte e perspectiva de uma técnica em constante evolução. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 32, p. 100-109, 2008.

WANG, H.Y. *et al.* Quercetin delays postovulatory aging of mouse oocytes by regulating SIRT expression and MPF activity. **Oncotarget**, v. 8, p. 38631-38641, 2017.

YAFEI, J. *et al.* Quercetin protects porcine oocytes from *in vitro* aging by reducing oxidative stress and maintaining the mitochondrial functions. **Frontiers in Cell Developmental Biology**, v. 10, 915898, 2022.

YAO, J. *et al.* Advances in Oocyte Maturation *In vivo* and *In Vitro* in Mammals. **International Journal of Molecular Sciences**, 24, 9059, 2023.

YU, S. *et al.* Protective effect of quercetin on the development of preimplantation mouse embryos against hydrogen peroxide-induced oxidative injury. **PLoS ONE**, v.9, n. 2, e89520, 2014.



Zoonoses associadas à criação de galinhas caipiras: Revisão de Literatura

Danielle Jordany Barros Coutinho¹; Andréa Pereira da Costa²

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310, São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055-310, São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

A criação de galinhas caipiras no Brasil é amplamente disseminada, especialmente em sistemas de manejo extensivo, devido à sua importância na segurança alimentar e no sustento de famílias rurais. Contudo, elas podem atuar como reservatórios de diversos agentes zoonóticos, impactando a saúde humana e animal. Esta revisão aborda as principais zoonoses associadas a galinhas caipiras no Brasil, incluindo as causadas por agentes virais, bacterianos e protozoários. A abordagem permeia aspectos epidemiológicos, clínicos, profiláticos e aponta soluções para mitigação dos riscos. Além disso, apresenta medidas integradas de manejo, biossegurança, vigilância epidemiológica e educação sanitária como meios fundamentais para reduzir o impacto dessas doenças.

Palavras-chave: Avicultura alternativa, Avicultura no Brasil, Saúde pública, Segurança alimentar.

INTRODUÇÃO

A procura por alimentos saudáveis aumentou consideravelmente nas últimas décadas. Dentre eles, destaca-se a carne de frango, que é uma proteína magra, de fácil acesso e apreciada pela maior parte da população, além do baixo valor aquisitivo quando comparada a outros tipos de proteína animal, como as carnes vermelhas e frutos do mar (Kralik *et al.*, 2018). Nesse contexto, há um aumento no consumo de galinha caipira, por ser um animal oriundo de criação orgânica e, por isso, é considerado um produto natural (Albino; Godoi, 2016).

A carne de frango é um produto relevante no cenário econômico mundial e, no Brasil, é uma das carnes mais consumidas, devido ao desenvolvimento da tecnologia no setor produtivo, que ocasionou a diminuição dos custos, tornando-a mais acessível (Food and Agriculture Organization, 2012; Associação Brasileira de Proteína Animal, 2019).

Apesar do crescimento da indústria avícola, frangos caipiras também são muito apreciados pelos consumidores, devido ao seu sabor diferenciado, assim como de seus ovos



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



atributos que podem estar associados ao sistema de criação extensivo e tipo de alimentação a que são submetidos (alimentação natural). Então, mesmo com o preço mais elevado quando comparado às galinhas de granja, ainda há uma preferência pelos consumidores (Embrapa, 2018).

No estudo realizado por Santana *et al.* (2020) no estado do Acre, a maioria dos entrevistados afirmaram consumir aves caipiras, principalmente galinhas, devido à praticidade e versatilidade nos cortes, sabor diferenciado, textura, tonalidade da carne e baixo teor de gordura, aspectos esses que podem estar associados ao tipo de criação e manejo. Além disso, o aumento da preocupação com o bem-estar animal e qualidade do produto, também impulsionam o interesse do consumidor

Contudo, apesar de o modo de criação extensivo estar associado ao bem-estar animal, esse sistema também favorece a interação dessas aves com a fauna silvestre, outros animais domésticos e o ambiente, o que torna as torna mais susceptíveis à infecção por patógenos zoonóticos, que podem ser transmitidos de várias formas ao homem (Zanella, 2016).

Dessa forma, é imprescindível a busca pela segurança dos alimentos, o que aumenta a preocupação com o manejo sanitário das criações de galinhas caipiras, uma vez que, muitas vezes, o perfil das criações caracteriza-se pela ausência de cuidados sanitários. O manejo inadequado acarreta problemas à saúde animal e humana, além de perdas econômicas (Viola; Leal; Sobreira, 2018).

Considerando a possibilidade de transmissão de agentes patogênicos quer seja por contato direto com esses animais, que seja pelo consumo de carne ou ovos contaminados, objetivou-se reunir informações sobre os principais agentes zoonóticos associados a galinhas caipiras no Brasil, com ênfase em medidas de controle e prevenção.

Sistema de criação de galinha caipira e seus riscos

A criação de galinhas caipiras existe no Brasil desde o período colonial e surgiu como modelo de subsistência no qual as aves eram criadas soltas nos quintais, ciscando em busca de alimento (insetos, minhocas, plantas e resto de alimento). Os animais apresentaram boa adaptação ao clima tropical e resistência a doenças (Barbosa *et al.*, 2007)

Apesar da cultura secular e do desenvolvimento da avicultura industrial, a avicultura caipira ainda é uma alternativa promissora para pequenos e médios produtores, por se tratar de uma criação com características orgânicas e que preza pelo bem-estar animal, o que



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



agrega valor ao produto, além da oferta ser menor que a demanda (Delgado; Bergamasco, 2017).

A criação é tradicionalmente familiar, exercida por homens e mulheres que buscam complementar sua renda. Demanda baixos investimentos e é de fácil manejo, por não necessitar de grandes áreas os sistemas de criação dessas aves são os extensivos e semiextensivos, pois compreendem construções e instalações simples, construídas com materiais de baixo custo, minimamente aceitáveis para a criação e aves (Sampaio *et al.*, 2015).

No sistema extensivo, as galinhas são criadas soltas, o que permite expressarem seu comportamento natural, como ciscar para se alimentar, empoleirar-se e pastar (Oliveira Galvão *et al.*, 2023). As instalações são inexistentes ou improvisadas para abrigar as aves à noite e não fornecem proteção eficaz contra predadores, radiação solar ou chuva (Takahashi *et al.*, 2006).

O sistema semiextensivo, por outro lado, permite liberdade parcial. Os animais podem pastar e ciscar ao ar livre e, na outra parte do tempo, ficam no aviário, onde estão localizados os comedouros, bebedouros e ninhos (Oliveira *et al.*, 2005).

No Brasil, a produção avícola caipira é regida pela Circular 007/99, da Divisão de Operações Industriais/Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DOI/DIPOA) do Ministério da Agricultura e Pecuária, que direciona as condições de manejo, alimentação, reprodução e abate dos animais (Brasil, 1999). Porém, observa-se que, em várias propriedades, as instalações e práticas manejo são precárias e desfavorecem as condições reprodutivas, nutricionais e sanitárias, o que pode levar a danos na saúde dos animais e das pessoas, além de prejuízos econômicos (Silva *et al.*, 2022)

Assim, mesmo que esses sistemas de criação ofereçam um modo de vida e um produto mais natural, não são capazes de eliminar a veiculação de patógenos (Barbosa *et al.*, 2007; Zen *et al.*, 2015). A ausência de conhecimentos e práticas inadequadas de manejo sanitário durante a produção são fatores que contribuem para que as criações sejam susceptíveis a doenças, incluindo as zoonoses (Alegria-Moran *et al.*, 2017).

Outros fatores que contribuem para a disseminação de doenças podem ser a falta de assistência médico-veterinária, de informações sobre a necessidade da adoção de medidas sanitárias, bem como a falta de biossegurança na atividade realizada (Cardozo *et al.*, 2021).

As doenças parasitárias e infecciosas acometem pelo menos metade dos rebanhos de



galináceos (Sharma *et al.*, 2019). De acordo Nicholson *et al.* (2020), os produtores têm noção de que o médico veterinário é uma das principais fontes de informação sobre doenças de aves, prevenção e tratamento. No entanto, contraditoriamente, eles não submetem os animais para avaliações ou tratamento com o profissional habilitado. Eles têm conhecimento sobre as principais doenças que acometem as aves, como gripe aviária, salmonelose e micoses, porém desconhecem grande parte dos problemas causados por parasitos e que também podem ter potencial zoonótico.

A comercialização de galinhas caipiras geralmente ocorre de modo direto (produtor-consumidor) ou com a existência de no máximo um intermediário, o que torna os preços dos produtos bastante atrativos para o produtor (Sagrilo *et al.*, 2016). Do ponto de vista sanitário, essa ação contribui para que o perfil demográfico dos produtores não seja totalmente conhecido, o que contribui para a falta de vistoria das propriedades e orientação, o que preocupa as autoridades de saúde animal e humana, bem como a indústria avícola (Lockhart; Stevenson; Rawdon, 2010).

Adicionalmente, as criações de galinha caipira são comumente confundidas pelos próprios produtores como criação doméstica ou de animais de estimação. Contudo, visto que são destinadas ao consumo, a legislação as reconhece como animais de produção e, dessa forma, os rebanhos de quintal também estão sujeitos a regulamentações de manejo sanitário e bem-estar animal, incluindo vigilância e notificação de doenças (Elkhouraibi; Blatchford; Pitesky, 2014).

O Brasil se destaca na produção extensiva de galinhas caipiras. Proporcionalmente ao aumento dos criadouros, são identificadas uma variedade de helmintos e doenças infecciosas causadas por vírus e bactérias (Cardozo *et al.*, 2021), o que compõe um quadro sanitário preocupante para a avicultura alternativa e torna questionável a qualidade e segurança dos produtos (Delgado; Bergamasco, 2017).

Patógenos zoonóticos transmitidos por galinhas caipiras

Apesar do histórico de raças resistentes, as galinhas caipiras também são suscetíveis a infecções por patógenos, principalmente em condições propícias (Wuthijaree; Lambert; Gauly, 2017).

Algumas bactérias, vírus e parasitas têm caráter zoonótico, ou seja, podem ser transmitidos entre animais e seres humanos (Seimenis, 2008). As galinhas caipiras, por



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



viverem em ambientes domésticos e terem contato próximo com os humanos, desempenham um papel importante na manutenção desses agentes na natureza (Graczy; Majewska; Schwab, 2008). Por isso, é fundamental conhecer os patógenos que podem afetar essas aves, permitindo a identificação rápida de casos nas propriedades e a adoção de medidas eficazes de controle e prevenção.

Doenças causadas por vírus

Influenza aviária

O vírus influenza A subtipo H5N1 é o causador da gripe aviária. Pode infectar aves e mamíferos, incluindo humanos, por isso possui potencial zoonótico. O vírus da influenza aviária pertence à família Orthomyxoviridae, gênero *Influenzavirus* e pode apresentar dois tipos, A e B. Possuem características genéticas singulares, pela troca de material genético com as células hospedeiras e mutações genéticas frequentes. Os vírus do tipo A apresentam em sua superfície externa os antígenos hemaglutinina (H) e neuranimidase (N), que nomeiam seus subtipos virais, como por exemplo, o subtipo H5N1. As variações genéticas ocorrem nos antígenos de superfícies em ambos os tipos de influenza e são conhecidos como *drift*. Especialmente nos vírus do tipo A, ocorrem grandes mutações, que são conhecidas como *shift* (Cunha, 2004). De acordo com a Embrapa (2025), até o momento, somente os vírus com as hemaglutininas H5 e H7 são altamente patogênicos às galinhas e outras aves domésticas e aquáticas.

O vírus da influenza aviária se espalha com facilidade entre aves domésticas e selvagens, fato que contribui para a rápida disseminação entre os continentes, dada a migração rotineira das aves selvagens (OPAS, 2023).

A infecção de pessoas ocorre através da proximidade ou contato frequente com aves infectadas, através de secreções respiratórias, fezes contaminadas e inalação de partículas virais. A maioria dos acometidos se expôs em algum momento a aves domésticas ou do peridomicílio. Podem apresentar inicialmente sinais leves, com febre e tosse, mas que podem evoluir para uma pneumonia grave, síndrome respiratória aguda ou até a morte (Martins, 2001). Alguns fatores que favorecem a contaminação e disseminação nas criações são o manejo inadequado, insalubridade e alta densidade populacional (Boroomand; Faryabi, 2020).

Não há tratamento e cura eficaz para as aves infectadas e/ou doentes, por isso, a eutanásia dos animais é indicada como medida sanitária, em casos de surto (Martins, 2001).



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



No ser humano, o tratamento é realizado com o uso de antivirais. Quanto mais precoce a administração das medicações, mais eficaz a sua ação (Vranjac, 2006).

Diante dessas informações, a adoção de medidas de controle e prevenção são essenciais para evitar perdas econômicas e possíveis surtos em humanos. Para isso, medidas rigorosas de biossegurança são necessárias, como controle de acesso a criações, desinfecção de instalações e vacinação dos animais. Para os humanos, a prevenção pode ser feita por meio do manuseio adequado dos animais, através do uso de equipamentos de proteção individual, bem como a correta higienização das mãos e superfícies (Sant'Ana *et al.*, 2023). Outros meios de prevenção são a implementação de sistemas que minimizem o contato entre as aves domésticas e silvestres e ações de educação sanitária para produtores e trabalhadores da cadeia avícola, principalmente os pequenos produtores, oriundos da agricultura familiar (Brasil, 2023).

No Brasil a gripe aviária apresenta baixas taxas de prevalência, os casos notificados são raros. Surtos ocorridos em 2023 estavam associados a aves silvestres sendo confirmados 106 casos e, somente três em galinhas caipiras no sul do país (Rauber, 2023). O surto ocorrido no ano de 2025 ocorreu em granja comercial no município de Montenegro no Rio Grande do Sul, mas logo foi controlado (Salati, 2025).

Todavia, devido ao Plano Nacional de Contingência para a Gripe Aviária (2023), todos os casos ocorridos foram controlados e solucionados. Contudo, vale destacar que os setores mais vistoriados são as empresas de frango em sistema intensivo e cooperativas, sendo as criações de fundo quintal pouco assessoradas. Por isso, pesquisas que envolvam criações avícolas alternativas são importantes para acompanhamento dessas criações, dar visibilidade ao setor e promover suporte e direcionamento aos pequenos produtores para melhoria e sanidade da sua cultura.

Doença de Newcastle

A doença de Newcastle é outra enfermidade viral que acomete a produção. Foi descrita pela primeira vez na Grã-Bretanha em 1926, por Doyle. No Brasil, o primeiro registro foi feito em 1953, por Cunha e Silva. A doença está na lista A das doenças infecciosas da Organização Mundial de Saúde Animal (OMSA) que corresponde a enfermidades cujas consequências socioeconômicas podem ser graves e de grande importância para o comércio internacional de aves e seus produtos (Guimarães *et al.*, 2012).

O vírus da doença Newcastle pertence à família Paramyxoviridae e gênero *Avulavirus*.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Afeta aves domésticas e selvagens e possui diferentes graus de patogenicidade, que variam de lentogênicas (com baixa virulência) à velogênica (com alta virulência) (Guimarães *et al.*, 2012).

O vírus se replica nas células do epitélio respiratório e intestinal das aves e é liberado nas secreções respiratórias, oculares e nas fezes. A replicação depende do grau de virulência da cepa e das características imunológicas do hospedeiro. As cepas velogênicas podem atingir, ainda, o sistema nervoso central e gastrointestinal das aves. Dessa forma, a doença apresenta alto grau de morbidade e letalidade nesses hospedeiros, justificando os impactos que causa para os criadores (Alexander, 2000).

A transmissão para os seres humanos e outros mamíferos ocorre através do contato direto com as aves infectadas ou do contato com as secreções respiratórias, fezes, água e alimentos contaminados, ou ainda, por meio de carcaças infectadas (Departamento de Saúde Animal, 2020). Os indivíduos podem apresentar manifestações clínicas como conjuntivite e quadros respiratórios. O manejo inadequado e a elevada densidade populacional nas criações contribuem para o aumento e disseminação do vírus (MAPA, 2022).

Na avicultura brasileira, a doença de Newcastle é uma problemática importante, principalmente em criações não industriais, como demonstrado no trabalho de Marks *et al.* (2014), desenvolvido com galinhas no sul do Brasil no qual houve uma positividade de 33,8%, contudo, os casos registrados envolveram cepas de baixa patogenicidade. Resultados semelhantes foram descritos por Prinz *et al.* (2020) onde 152 de 231 amostras foram soropositivas para doença em duas regiões da Bahia. Ambos os estudos relacionaram os resultados positivos ao contato das galinhas caipiras com aves migratórias, pois, além dos criadouros se situarem próximos à locais de pouso dessas aves, algumas delas também se mostraram reagentes em testes sorológicos.

Em caso de infecção, as medidas de controle são o abate sanitário, visto que não há cura para a doença nesses hospedeiros. Para humanos, a doença geralmente é autolimitante, mas nos casos de síndromes respiratórias, o tratamento é feito com antivirais (Brasil, 2023).

Mediante os impactos e perdas causados pela doença de Newcastle, são necessárias medidas profiláticas e a principal delas é a vacinação. No Brasil, os direcionamentos para a vacinação sistemática das aves são dados pela Instrução Normativa nº 56/2007 (MAPA, 2007). Outras formas de prevenção são a implementação de medidas de biossegurança, como esterilização de equipamentos, restrição da circulação de pessoas e animais nas criações. Para as pessoas, o recomendado é uso de EPIs, higiene pessoal após o manuseio das aves e



instalações e educação sanitária para os criadores e trabalhadores expostos (Brasil, 2023).

Doenças causadas por Bactérias

Salmonelose

Entre as doenças causadas por bactérias, a salmonelose se destaca como uma das zoonoses que mais impacta a saúde pública mundial (Mohammed, 2022), considerando que os principais sintomas incluem quadros de intoxicação alimentar, que podem, em casos graves, levar à morte do indivíduo (Shinohara *et al.*, 2008)

É uma das principais doenças transmitidas por alimentos, e a infecção ocorre principalmente pelo consumo de carne de aves ou produtos contaminados pela bactéria *Salmonella* sp. (Connor; Schwartz, 2005).

As bactérias do gênero *Salmonella* pertencem à família Enterobacteriaceae e são divididas em duas espécies, *Salmonella enterica* e *Salmonella bongori*. *S. enterica* possui 2.610 sorovares, enquanto *S. bongori* tem 23. A espécie *S. enterica* é a de maior relevância para a saúde pública e inclui os sorovares *Salmonella galinarum*, *pullorum*, *enteritidis* e *typhimurium* (Guibourdenche *et al.*, 2010).

São bacilos Gram-negativos, anaeróbios facultativos, sem cápsula, sem capacidade de formar esporos e, em sua maioria, móveis (Grimont; Grimont; Bouvet, 2000). São amplamente disseminadas no ambiente e apresentam tropismo pelo trato intestinal de seus hospedeiros. Quando ingerida, a bactéria invade o epitélio intestinal e se multiplica dentro das células, nos vacúolos, causando inflamação local, diarreia e, em casos mais graves, afetam outros órgãos. Outros sintomas clínicos incluem redução da fertilidade, diminuição na postura e claudicação (Forsythe, 2013; Santa Catarina, 2016).

Há uma alta incidência do agente causador da doença em criações alternativas, que possuem pouca tecnificação, o que exige orientações especializadas para melhorar a qualidade do plantel (Da Cruz Oliveira *et al.*, 2022). A aquisição de aves de origem duvidosa quanto à vacinação e sanidade, o contato entre aves infectadas e saudáveis, a presença de pintos doentes, o transporte inadequado e o compartilhamento de água e alimentos contaminados facilitam a transmissão de *Salmonella* sp. (Stella *et al.*, 2021). Além disso, a falta de higienização regular nos plantéis também contribui para a propagação, pois as bactérias são liberadas nas fezes e se alimentam delas, promovendo sua multiplicação contínua (Gama *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2020).



A alta densidade populacional nos sistemas de criação de aves poedeiras facilita a colonização intestinal por alguns sorovares de *Salmonella*, o que faz com que as galinhas eliminem o agente de forma mais prolongada (Barros; Thais; Stella, 2020). As aves que sobrevivem tornam-se portadoras, eliminando as bactérias de maneira intermitente e produzindo ovos contaminados, o que resulta em uma descendência também portadora da doença (Santos; Lovato, 2018). A transmissão para os humanos ocorre por meio do contato direto com as aves infectadas, suas fezes e carcaças, além do consumo de ovos crus, água e alimentos contaminados (Gama *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2020; Stella, 2021).

Esses fatores representam uma ameaça e geram preocupação, especialmente na avicultura familiar, devido à falta de orientações técnicas adequadas. Por isso, é fundamental oferecer treinamentos em biossegurança para os criadores, a fim de prevenir problemas sanitários (Stella, 2021).

A melhor medida preventiva é a vacinação. Caso ocorram casos na criação, a melhor abordagem é o despovoamento e a descontaminação do ambiente para reiniciar uma nova criação, além do controle de roedores na propriedade para reduzir e eliminar o risco de contaminação no novo plantel (Torres *et al.*, 2015). Para manutenção, a higienização constante dos criadouros é uma medida eficaz de prevenção, melhorando a biossegurança e diminuindo o contato com fontes de contaminação ambiental. Para prevenir a infecção em humanos, é importante evitar o consumo de ovos crus, alimentos mal higienizados, água não tratada e o contato com aves expostas ou doentes (Brasil, 2022).

Campilobacteriose

As bactérias do gênero *Campylobacter*, assim como *Salmonella*, são responsáveis por infecções intestinais em humanos e está entre as principais doenças transmitidas por alimentos no mundo, ocorrendo tanto em países desenvolvidos quanto em desenvolvimento (European Food Security Authority, 2005; Bush; Vazquez-Pertejo, 2024). A campilobacteriose é uma zoonose e o agente etiológico da doença coloniza o trato gastrointestinal das aves sem causar sintomas. Contudo em humanos, a bactéria invade o epitélio intestinal, provocando inflamação (Nascimento *et al.*, 2019).

As espécies *Campylobacter jejuni* e *Campylobacter coli* são as principais responsáveis por essa infecção (Nascimento *et al.*, 2019). Caracterizam-se como bacilos Gram-negativos móveis, curvos e podem sobreviver a baixos níveis de oxigênio. Tem como nicho o trato gastrointestinal de vários animais domésticos e aves. A transmissão para as



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



aves ocorre pelo contato direto com outras aves infectadas e seus excrementos (Bush; Vazquez-Pertejo, 2024).

A transmissão para as aves ocorre pelo contato direto com outras aves infectadas e seus excrementos. Para os humanos, as principais formas de contaminação são o contato com as fezes das aves, o consumo de carne de frango crua ou mal-cozida, a manipulação inadequada de alimentos, e o consumo de alimentos e água contaminados (Nascimento *et al.*, 2019).

A prevalência da infecção é alta em sistemas de criação extensivos, principalmente devido ao contato direto com o ambiente e outras aves. Além disso, as condições higiênico-sanitárias precárias favorecem a disseminação da bactéria (Lin, 2009). Um estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2021) mostrou taxas de positividade de 35,8% para *Campylobacter* em carcaças de frango na região Sul do Brasil.

Geralmente as aves não apresentam sintomatologia clínica aparente em infecções por *Campylobacter* spp., devido a isso se destacam como reservatório primário do agente (Skirrow, 1977). Esse fato impossibilita possíveis tratamentos, desse modo é necessária a prevenção com vacinação e testes de detecção (EFSA, 2011). Em casos humanos, os tratamentos são realizados com antibióticos (Snelling *et al.*, 2005; Bhavsar; Kapadnis, 2007).

Nos humanos, os sintomas incluem diarreia, cólicas abdominais, febre, náuseas e vômitos (Moore *et al.*, 2005). Nos casos graves, os sintomas podem se agravar e evoluir para complicações raras, como a síndrome de Guillain-Barré e artrite reativa (Nachamkin; Allos; Ho, 1998).

Assim como em outras doenças bacterianas, as medidas de prevenção incluem a adoção de práticas de biossegurança nas criações, o controle do acesso de outros animais e, para os humanos, o cuidado com a higiene pessoal, o manejo adequado das aves, a higienização ao manipular alimentos e o cozimento adequado da carne (Humphrey; O'Brien; Madsen, 2007; Newell *et al.*, 2011).

Colibacilose

A colibacilose é uma doença causada por cepas patogênicas de *Escherichia coli* e é amplamente disseminada na avicultura, podendo gerar impactos econômicos significativos devido à mortalidade e perdas na produção. *E. coli* coloniza o trato digestivo das aves e pode ser eliminada nas fezes, contaminando o ambiente (Santos; Lovato, 2018). A infecção ocorre principalmente por inalação de partículas contaminadas no ar ou pelo contato com superfícies infectadas. A bactéria pode ainda invadir outros tecidos, causando infecções



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



respiratórias ou sistêmicas, como celulite, pericardite e septicemia (Ferreira; Knobl, 2000; Ferreira; Knobl, 2009).

A doença geralmente é desencadeada por condições de manejo inadequadas, baixa imunidade das aves, devido a estresse ou infecções secundárias. Em criações extensivas, as taxas de infecção são altas devido à exposição a fatores estressores ambientais, falta de controle de biossegurança, acúmulo de fezes e poeira, que também são fontes de contaminação (Ferreira; Knöbe 2008).

Nos seres humanos, a transmissão ocorre pelo contato com fezes contaminadas ou pelo consumo de alimentos mal higienizados, como carne de frango ou ovos crus. Os sintomas incluem gastroenterites leves, com diarreia, dor abdominal e febre. Em casos graves, pode ocorrer septicemia, especialmente em indivíduos imunossuprimidos (Brasil, 2022).

Pilati *et al.* (2024) apresentam em sua pesquisa um total de 63 isolados característicos de *E. coli* obtidos de galinhas caipiras das regiões sudeste e nordeste do Brasil, demonstrando uma facilidade à infecção desses animais por esses organismos.

A infecção em aves pode ser tratada com antibióticos, como tetraciclina, sulfas e estreptomicina (Morailon *et al.*, 2013). Nos humanos, os sintomas geralmente desaparecem por conta própria, mas, em casos graves ou persistentes, o uso de antibióticos pode ser necessário.

Como em qualquer doença, a prevenção é a melhor forma de evitar danos. Recomenda-se a implementação de boas práticas de biossegurança nas instalações e no manejo, controle de higiene, ventilação e desinfecção do ambiente, além do uso de vacinas e probióticos para equilibrar a flora intestinal. Para garantir plantéis mais seguros e saudáveis, é fundamental fornecer treinamento para os criadores e realizar monitoramento sanitário constante (Giovannini, 2008; Brasil, 2022).

Doenças causadas por parasitas

Toxoplasmose

A toxoplasmose é uma das parasitoses mais comuns no mundo, causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*. Este é um protozoário intracelular obrigatório e cosmopolita, que afeta uma ampla gama de hospedeiros, incluindo aves e humanos (Amendoeira; Costa; Spalding, 1999; Dubey, 2010). A infecção ocorre pela ingestão de oocistos viáveis ou cistos presentes nos tecidos das presas consumidas pelos hospedeiros



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



(Millar *et al.*, 2008; Dubey, 2010). A carne de frango torna-se um produto passível de transmissão caso esteja contaminada e seja consumida sem os devidos cuidados higiênicos (Rodrigues *et al.*, 2019).

O gato é o hospedeiro definitivo de *T. gondii* e o seu trato intestinal o principal local de infecção. Após completar seu ciclo biológico, o parasita é eliminado nas fezes, que representam uma das principais fontes de contaminação. No entanto, outras fontes de contaminação também devem ser consideradas, como água, alimentos (frutas e verduras) e a carne de frango (Dubey, 2010).

A toxoplasmose se destaca por ser a principal zoonose transmitida por galinhas caipiras nas criações alternativas a prevalência da infecção é significativa em várias regiões do Brasil, com valores de prevalência de 48,1% no Nordeste (dos Santos *et al.*, 2021), 40% no estado do Paraná (Dubey *et al.*, 2003), 23,8% no Pará (Dubey *et al.*, 2007) e 49,2% no estado do Rio Grande do Sul (Camillo *et al.*, 2020).

Esses dados alertam para o papel de sentinelas ambientais que esses animais exercem, devido ao compartilhamento do ambiente com felinos que eliminam oocistos, mantendo contato direto com solo e água contaminados (Rodrigues *et al.*, 2019) dessa forma, podem se tornar potenciais fontes de infecção humana, caso ocorra o consumo de carne mal cozidas dos animais infectados

A toxoplasmose é frequentemente assintomática em animais e humanos. Os sintomas só aparecem em casos de imunossupressão ou durante a gestação, o que pode acarretar risco de infecção congênita (Robert-Gangneux; Dardé, 2012). Quando sintomática, a doença em humanos pode causar fadiga, febre, linfadenopatia, além de encefalite, miocardite e comprometimento ocular, especialmente durante a gravidez. Na toxoplasmose congênita, os indivíduos podem desenvolver sequelas visuais, neurológicas, cognitivas, comportamentais e motoras ao longo do seu desenvolvimento (Weiss; Dubey, 2009).

Não existe tratamento eficaz para eliminar o parasita em aves, por isso a prevenção a melhor medida. No caso dos humanos, há um protocolo preconizado que é usado em casos graves, com acompanhamento médico especializado disponível no Sistema Único de Saúde – SUS (Brasil, 2025). As medidas de prevenção para aves incluem o controle do acesso de gatos às criações, a higienização do ambiente e o manejo adequado das instalações e dos animais. Para os humanos, as recomendações incluem a higienização adequada dos alimentos, o consumo de água tratada e o uso de biossegurança no manejo das aves (Silva *et al.*, 2022).



Cryptosporidiose

Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



O protozoário *Cryptosporidium* é um agente zoonótico de distribuição cosmopolita. Trata-se de um parasita intracelular obrigatório que afeta diversas espécies animais, incluindo aves e humanos, sendo responsável pela criptosporidiose, que causa infecções gastrointestinais (Savioli; Smith; Thompson, 2006). O protozoário pertence à família Cryptosporiidae e a espécie mais relevante é *Cryptosporidium parvum*, que apresenta alta transmissibilidade entre humanos e animais (Fayer; Xiao 2007).

Durante seu ciclo biológico, *Cryptosporidium* tem afinidade pelo trato gastrointestinal, onde invade as células do epitélio intestinal e se multiplica. Isso resulta na liberação de oocistos infectantes, que são altamente resistentes a condições adversas do ambiente. A infecção ocorre pela ingestão de oocistos presentes no ambiente, que já estão na forma infectante desde que são eliminados pelos hospedeiros, além do consumo de água e alimentos contaminados (Machado *et al.*, 2009; Bouzid *et al.*, 2013).

Criações extensivas são mais susceptíveis a contaminação devido à exposição ao solo, água contaminados e falta de controle sanitário, fazendo das aves potenciais reservatórios de *Cryptosporidium*. Além disso, o agente possui particularidades como resistência a desinfetantes, temperatura, tamanho reduzido e leveza que favorecem sua durabilidade e disseminação no ambiente (Zeibig, 2014; Galecki; Sokol, 2015).

Ewald *et al.* (2017) avaliaram a prevalência de criptosporidiose em galinhas caipiras em alguns estados do sudeste do Brasil e obtiveram 25,6% de positividade nos testes moleculares utilizando amostras fecais. As espécies em destaque para o estudo foram *Cryptosporidium meleagridis*, *Cryptosporidium baileyi* e *C. parvum*, indicando que galinhas caipiras funcionam como reservatórios e fonte de infecção para outros animais e para humanos. Após a infecção, alguns sintomas que podem ser observados nos humanos incluem diarreia, dor abdominal, náuseas, febre e desidratação, contudo, esse quadro depende das condições imunológicas do paciente, em pessoas imunocomprometidas são mais suscetíveis (Corti *et al.*, 2008; Rossi; Miranda, 2024).

Não existe tratamento específico para as aves (Ravich *et al.*, 2014), mas em humanos, o uso de antiparasitários e a hidratação oral ou venosa são indicados para melhorar os sintomas gastrointestinais.

As medidas de prevenção e controle são essenciais para evitar casos da doença nas criações e prevenir perdas econômicas. Essas medidas incluem a melhoria do manejo



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



ambiental, higiene das instalações, controle da água e ração, além da restrição do contato das aves com animais selvagens (Ng; Pavlasek; Ryan 2006).

Para os humanos, as recomendações de prevenção incluem o tratamento da água potável, a prática de higiene pessoal, evitar o contato com aves doentes e o consumo de alimentos malcozidos. Além disso, testes regulares para detecção precoce desses parasitas são importantes para controlar casos e evitar surtos (Yoder; Wallace; Collier, 2012; Painter *et al.*, 2015).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As galinhas caipiras desempenham um papel crucial na economia e na segurança alimentar do Brasil, mas sua criação extensiva apresenta riscos zoonóticos significativos para criadores e consumidores. A identificação e o controle dessas doenças exigem uma abordagem integrada, que envolva práticas rigorosas de biossegurança, educação sanitária contínua e monitoramento epidemiológico eficaz. Com essas medidas, é possível minimizar os impactos na saúde pública, ao mesmo tempo em que se preservam os benefícios econômicos e culturais dessa importante prática.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (Código Financiamento 001). Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico/CNPq pela concessão da bolsa de doutorado Danielle Jordany Barros Coutinho.

REFERÊNCIAS

ALBINO, L.; GODOI, M. **Criação de galinhas caipiras**: boletim de extensão. 51. ed. Viçosa: Ufv, 2016. 52 p. ISSN – 1415 – 692X. Disponível em: <https://bibliotecasemiarios.ufv.br/jspui/bitstream/123456789/461/1/Texto%20completo.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2024.

ALEGRIA-MORAN, R. *et al.* First detection and characterization of *Salmonella spp.* in poultry and swine raised in backyard production systems in central Chile. **Epidemiology and Infection**, v. 145, n. 15, p. 3180–3190, 2017.

ALEXANDER, D. Newcastle disease and other avian paramyxoviruses. **Scientific and Technical Review**, Office International des Epizooties, v. 19, n 2, p. 443-462, 2000.

AMENDOEIRA, M.R.R.; COSTA, T.; SPALDING, S.M. *Toxoplasma gondii* Nicolle e Manceaux, 1909 (Apicomplexa: Sarcocystidae) e a Toxoplasmose. **Revista Souza Marques**, v. 1, n. 1, p. 15- 29, 1999.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. São Paulo: **Relatório Anual, 2019**. Versão online. Disponível em: <http://abpa-br.org/mercados/>. Acesso em: 03 nov. 2024.

BARBOSA, F.J.V. *et al.* **Sistema alternativo de criação galinhas caipiras**. 1. ed. Teresina (PI): [s.n.], 2007, 68 p. ISSN: 1678-0256. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/69408>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BARROS I.M.; THAIS F L.; STELLA A.E. Salmonelose aviária e saúde pública: atualidades e o seu controle no Brasil. **Revista Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 32, p. 459-468, 2020.

BHAVSAR, S.; KAPADNIS, B. Virulence factors of *Campylobacter*. **The Internet Journal of Microbiology**, v. 3, n. 2, 2007.

BOROOMAND, Z.; FARYABI, S. Bird zoonotic diseases. **Journal of Zoonotic Diseases**, v. 4, n. 3, p. 20-33, 2020.

BOUZID, M. *et al.* *Cryptosporidium* pathogenicity and virulence. **Clinical microbiology reviews**, v. 26, n. 1, p. 115-134, 2013.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Ofício Circular No 7 de maio de 1999**. Brasília, DF. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. 1999.

BRASIL. EMBRAPA. **Influenza aviária**. 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/influenza-aviaria>. Acesso em: 14 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Saúde Animal. **Plano de Contingência para Emergências Zoonosáticas** - Parte Específica. Versão 1.0. Brasília, DF. MAPA/SDA/DSA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sanidade-animal-e-vegetal/saude-animal/arquivos-das-publicacoes-de-saude-animal/PCIAeDNC.pdf>. Acesso em: 01 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Prevenção**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/s/salmonella/prevencao?>. Acesso em: 02 mar. 2025.

BUSH, L. M.; VAZQUEZ-PERTEJO, M. T. **Infecções por *Campylobacter***. 2024. Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/profissional/doen%C3%A7as-infecciosas/bacilos-gram-negativos/infec%C3%A7%C3%B5es-por-campylobacter>. Acesso em: 12 mar. 2025.

CAMILLO, G. *et al.* *Toxoplasma gondii* genotyping from free-range chickens (*Gallus gallus domesticus*) in a rural area of Rio Grande do Sul, Brazil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 4, p. 1339-1345, 2020.

CARDOZO, S.P. *et al.* Aspectos da produção de galinha caipira e sua comercialização em feiras. **Interação**, v. 21, n. 1, p. 47-63, 2021.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



CONNOR, B.A.; SCHWARTZ, E. Typhoid and paratyphoid fever in travellers. **The Lancet Infectious Diseases**, v. 5, n. 10, p. 623-628, 2005.

CORTI, M. *et al.* Criptosporidiosis broncopulmonar en pacientes infectados por el virus de la inmunodeficiencia humana. **Revista Argentina de Microbiología**, v.40, n. 2, p. 106-108, 2008.

CUNHA, B.A. Influenza: historical aspects of epidemics and pandemics. **Infectious Disease Clinics of North America**, v. 18, n. 1, p. 141-55, 2004.

DA CRUZ OLIVEIRA, H.L. *et al.* *Salmonella Pullorum* em criação de galinhas caipiras no Oeste da Bahia, Brasil. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 50, n. 818, p. 1-7, 2022.

DELGADO, G.C.; BERGAMASCO, S.M.P.P. Ministério do Desenvolvimento Agrário e Agricultura Familiar. Agricultura familiar brasileira: desafios e perspectivas de futuro. Brasília, 2017, 470 p. ISBN: 978-85- 8354-016- 8. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wpcontent/uploads/2017/10/Agricultura_Familiar.pdf. Acesso em: 25 jan. 2025.

DEPARTAMENTO DE SAÚDE ANIMAL. **Doença de New Castle (DNC)**. Ficha Técnica, 2020, 6 p. Disponível em: Ficha Técnica_NEWCASTLE_julho2020. Acesso em: 19 jun. 2025.

DOS SANTOS, M.C.F. *et al.* Infection rate by *Toxoplasma gondii* in free-range and broiler chickens in the states of Rio Grande do Norte and Paraíba, Brazil. **Revista de Patologia Tropical**, v. 50, n. 2, p. 135-149, 2021.

DUBEY J.P. *Toxoplasma gondii* infections in chickens (*Gallus domesticus*): Prevalence, clinical disease, diagnosis and public health significance. **Zoonoses Public Health**, v. 57, n. 296, p. 60–73. 296, 2010.

DUBEY, J.P. *et al.* *Toxoplasma gondii* isolates of free-ranging chickens from Rio de Janeiro, Brazil: mouse mortality, genotype, and oocyst shedding by cats. **The Journals of Parasit**, [s.l.], v. 89, p. 851-853, 2003.

DUBEY, J.P. *et al.* Biologic and genetic comparison of *Toxoplasma gondii* isolates in free-range chickens from the northern Pará state and the southern state Rio Grande do Sul, Brazil revealed highly diverse and distinct parasite populations. **Veterinary Parasitology**, v. 143, n. 2, p. 182-188, 2007.

EFSA PANEL ON BIOLOGICAL HAZARDS (BIOHAZ). Scientific Opinion on *Campylobacter* in broiler meat production: control options and performance objectives and/or targets at different stages of the food chain. **EFSA Journal**, v. 9, n. 4, t. 2105, p. 1-141, 2011.

ELKHORAIBI, R.A.; BLATCHFORD, M.E.; PITESKY, J.A. Mench, Backyard chickens in the United States: A survey of flock owners. **Poultry Science**, v. 93, n. 11, p. 2920-2931, 2014.

EMBRAPA. Embrapa Suínos e Aves. **Influenza aviária.**, 2025. Disponível em: <https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/influenza-aviaria>. Acesso em: 14/01/ 2025.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



EMBRAPA. Embrapa Meio-Norte. **Sistema Alternativo de Criação de Galinhas Caipiras**. 2 ed., n. 4, 2018. ISSN 1678-8818. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1122469/1/SPOCriacaoGalinhasCaipiras2018.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2024.

EUROPEAN FOOD SECURITY AUTHORITY. Opinion of the scientific panel on biological hazards on the request from the Commission related to *Campylobacter* in animals and foodstuffs. **The EFSA Journal**, v. 173, p. 1-10, 2005.

EWALD, M.P.D.C. *et al.* The first study of molecular prevalence and species characterization of *Cryptosporidium* in free-range chicken (*Gallus gallus domesticus*) from Brazil. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 26, p. 472-478, 2017.

FAYER, R.; XIAO, L. **Cryptosporidium e Cryptosporidiosis**, 2º Ed., CRC Press, Boca Radon – Estados Unidos, 2007, 60 p. Ebook.

FERREIRA, A.J.P.; KNÖBL, T. Colibacilose aviária. In: BERCHIERI JUNIOR, A. & MACARI, M. **Doenças das aves**. Campinas: Facta, p.197-207, 2000.

FERREIRA, A. J. P.; KNOBL, T. Colibacilose. IN: JUNIOR, A. B.; SILVA, E. N.; FÁBIO, J. D.; SESTI, L. ZUANAZE, M. A. **Doença das aves**. 2 ed. Campinas: Fundação APINCO. p.457-471, 2009.

FERREIRA, A.J.P.; KNÖBE T. Enfermidades bacterianas. In: Berchieri Jr A.; Macari M. (Eds), **Doenças das Aves**. Campinas: FACTA, p.435-563, 2008.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The State of Food and Agriculture**, Rome, (Italy): FAO Fiat Panis, 2012, 182 p. ISSN 0081-4539. Versão online. Disponível em: [The State of Food and Agriculture 2012 | United Nations iLibrary](#). Acesso em: 01 nov. 2024.

FORSYTHE, S.J. **Microbiologia da segurança dos alimentos**. 2 ed. Rio Grande do Sul: Artmed Editora, 2013, 88 p.

GAŁECKI, R.; SOKÓŁ, R. *Cryptosporidium canis* e *C. felis* as a potential risk to humans. **Polish Journal of Natural Sciences**, v. 30, n. 2, p. 203-212, 2015.

GAMA, N.M.S.Q. *et al.* Conhecendo a água utilizada para as aves de produção. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 70, n. 1, p. 43-49, 2008.

GIOVANNINI, I.C.C. **Educação sanitária e boas práticas agropecuárias**. Ata da Reunião da Comissão de Educação Sanitária em Defesa Agropecuária no Estado de São Paulo – CESESP, 2008, 5 p. Disponível em: [Ata de reunião da comissão de educação sanitária em defesa agropecuária no estado de São Paulo](#). Acesso em: 01 mar. 2025.

GUIBOURDENCHE, M. *et al.* Supplement 2003-2007 (No. 07) to the White-Kauffmann-Le Minor Scheme. **Research in Microbiology**, n. 161, p. 26-29, 2010.

GUIMARÃES, M.B. *et al.* Vírus de Newcastle em aves silvestres de vida livre próximas à granja matrizeira em Mogi das Cruzes-SP. **Revista de Educação Continuada em Medicina**



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP, v. 10, n. 1, p. 47-48, 2012.

GRIMONT, P.A.D.; GRIMONT, F.; BOUVET, P. Taxonomy of the genus *Salmonella*. In: WRAY C.; WRAY, A. (eds), **Salmonella in Domestic Animals**. CAB International: Wallingford, UK, p. 1–17, 2000.

HUMPHREY, T.; O'BRIEN, S.; MADSEN, M. *Campylobacter* as zoonotic pathogens: A food production perspective. **International Journal of Food Microbiology**, v. 117, p. 237-257, 2007.

KRALIK, G. *et al.* Quality of chicken meat. **Animal husbandry and nutrition**, v. 63, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.72865>. Acesso em: 01 mar. 2025.

LIN, J. Novel approaches for *Campylobacter* control in poultry. **Foodborne Pathogens and Disease**, v. 6, n. 7, p. 755-765, 2009.

LOCKHART, C.; STEVENSON, M.; RAWDON, T.A cross-sectional study of ownership of backyard poultry in two areas of Palmerston North, New Zealand. **New Zealand Veterinary Journal**, v. 58, n. 3, p. 155–159, 2010.

MACHADO, E.C.L. *et al.* Ocorrência de oocistos de *Cryptosporidium* spp. em águas superficiais na região metropolitana de Recife-PE. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 1459-1462, 2009.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Doença de New Castle (DNC)**. Ficha Técnica, 2022, 6 p. Disponível em: sistemasweb.agricultura.gov.br/pages/fichas_técnicas/Ficha_Técnica_DNC.pdf. Acesso em: 19 jun. 2025.

MAPA. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Instrução normativa nº 56, de 4 de dezembro de 2007**. Estabelecer os procedimentos para registro, fiscalização e controle de estabelecimentos avícolas de reprodução, comerciais e de ensino ou pesquisa. Brasília: DF. 04 de Dez. 2007.

MARKS, F.S. *et al.* Targeted survey of Newcastle disease virus in backyard poultry flocks located in wintering site for migratory birds from Southern Brazil. **Preventive Veterinary Medicine**, v.116, n.1-2, p.197-202, 2014.

MARTINS, N.R.S. Influenza aviária: uma revisão dos últimos dez anos. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 3, p. 97-140, 2001.

MILLAR, P.R. *et al.* A importância dos animais de produção na infecção por *Toxoplasma gondii* no Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 29, n. 3, p. 693-706, 2008.

MOHAMMED, B.T. Identification and bioinformatic analysis of invA gene of *Salmonella* in free range chicken. **Brazilian Journal of Biology**, v. 84, p. e263363, 2022.

MOORE, J.E. *et al.* Prevalence of thermophilic *Campylobacter* spp. in ready-to-eat foods and raw poultry in Northern Ireland. **Journal of Food Protection**, v. 65, n. 8, p. 1326- 1328, 2005.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



NACHAMKIN, I.; ALLOS, B.M.; HO, T. *Campylobacter* species and Guillain-Barré syndrome. **Clinical Microbiology Veterinary**, v. 11, n. 3, p. 555-567, 1998.

NASCIMENTO, R.C.S. *et al.* Pesquisa de *Campylobacter* spp. em frangos caipiras no município de Valença/ RJ. **Higiene Alimentar**, v. 33, p. 2549-2552, 2019.

NEWELL, D. *et al.* Biosecurity- Based Interventions and Strategies to Reduce *Campylobacter* spp. on Poultry Farms. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 77, n. 24, p. 8605-8614, 2011.

NG, J.; PAVLASEK, I.; RYAN, U. Identification of Novel *Cryptosporidium* Genotypes from Avian Hosts. **Applied and Environmental Microbiology**, v.72, n 12, p. 7548–7553, 2006.

NICHOLSON, C.W. *et al.* Zoonotic disease awareness survey of backyard poultry and swine owners in southcentral Pennsylvania. **Zoonoses and Public Health**, v. 67, n. 3, p. 280-290, 2020.

OLIVEIRA, J.F. *et al.* **Orientações técnicas sobre criação**. Natal: EMPARN, 2005, 15 p.

OLIVEIRA GALVÃO, J. *et al.* Sistemas de criação de aves poedeiras no Brasil. **Revista Foco**, v. 16, n7, e2690, 2023.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). **Perguntas e respostas sobre a influenza aviária A (H5N1)**, 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/26-7-2023-perguntas-e-respostas-sobre-influenza-aviaria-h5n1>. Acesso em: 14/ jan. 2024.

PAINTER, J.E. *et al.* Cryptosporidiosis Surveillance — United States, **Surveillance Summaries**, v. 64, p. 1-14, 2015.

PILATI, G.V.T. *et al.* Isolation and Characterization of *Escherichia coli* from Brazilian Broilers. **Microorganisms**, v. 12, n. 7, p. 1- 18, 2024.

PRINZ, M. *et al.* Monitoring of Newcastle disease in poultry at migratory birds landing sites: Mangue Seco and Cacha Pregos between 2013 and 2014. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 87, n. 0122020, p. 1-8, 2020.

RAUBER, R.H. Avian influenza and the Brazilian poultry production: Current situation and prevention strategies. **German Journal of Veterinary Research**, v. 3, n. 4, p. 9-13, 2023.

RAVICH, M.L. *et al.* Gastrointestinal cryptosporidiosis in captive psittacine birds in the United States: a case review. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 28, p. 297-303, 2014.

REIS, S.A. *et al.* Identification and antimicrobial resistance of *Salmonella enterica* isolated from live birds at commercial resellers. **Ciência Animal Brasileira**. V. 21, p. 1-13, 2020.

ROBERT-GANGNEUX, F.; DARDÉ, M.L. Epidemiology of and diagnostic strategies for toxoplasmosis. **Clinical Microbiology Reviews**, v. 25, n. 2, p. 264-296, 2012.

RODRIGUES, F.T. *et al.* Antibodies to *Toxoplasma gondii* in slaughtered free-range and



broiler chickens. **Veterinary Parasitology**, v. 271, p. 51-53, 2019.

RODRIGUES, C.S. *et al.* Prevalence of *Campylobacter spp.* in chicken carcasses in slaughterhouses from south of Brazil. **Current Microbiology**, v. 78, n. 6, p. 2242-2250, 2021.

ROSSI, M.F.; MIRANDA, L.M. Aspectos gerais e epidemiológicos da criptosporidiose: uma revisão narrativa da literatura. **Revista Contemporânea**, v. 4, n. 1, p. 1034-1054, 2024.

SAGRILO, E. *et al.* **Validação do sistema alternativo de criação de galinha caipira.** Embrapa Meio Norte. Sistema de Produção, v.1, n. 1, 2016, 69 p.

SALATI, P. **Brasil deve se declarar livre da gripe aviária em granja comercial nesta quarta, diz secretário do Ministério da Agricultura.** 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/agronegocios/noticia/2025/06/17/brasil-deve-se-declarar-livre-da-gripe-aviaria-nesta-quarta.ghtml>. Acesso em: 19 jun. 2025.

SAMPAIO, N.M. *et al.* Expressões da avicultura familiar caipira em município da Zona da Mata de Minas Gerais. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2015.

SANT'ANA, D.S. *et al.* Prevenção da influenza aviária na avicultura brasileira: revisão de literatura. **Revista GeTeC**, v. 12, n. 42, 2023.

SANTA CATARINA. Jv Ascom. Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de Santa Catarina. **Saiba mais sobre as salmoneloses aviárias.** 2016. Disponível em: <https://www.cidasc.sc.gov.br/blog/2016/10/29/saiba-mais-sobre-as-salmoneloses-aviarias/>. Acesso em: 01 mar. 2025.

SANTANA, M.H.M. *et al.* Caracterização do consumo e perfil do consumidor de produtos avícolas no estado do acre. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 4, n. 5, p. 01-09, 2020.

SANTOS, H.F.; LOVATO, M. Salmoneloses. In: **Doença das Aves**. 3.ed. São Paulo: Kindle Direct Publishing, 2018, p.102-108.

SAVIOLI, L.; SMITH, H.; THOMPSON, A. *Giardia* and *Cryptosporidium* join the 'neglected diseases initiative'. **Trends in parasitology**, v. 22, n. 5, p. 203-208, 2006.

SEIMENIS, A.M. The spread of zoonoses and other infectious diseases through the international trade of animals and animal products. **Veterinaria Italiana**, v. 44, p. 591-599, 2008.

SHARMA, N. *et al.* The impacts of *Ascaridia galli* on performance, health, and immune responses of laying hens: new insights into an old problem. **Poultry Science**, v. 98, n. 12, p. 6517-6526, dez. 2019.

SHINOHARA, N.K.S. *et al.* *Salmonella spp.* importante agente patogênico veiculado em alimentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, 1p. 675-1683, 2008.

SILVA, J.T.D. *et al.* Prevalence of endoparasites by microscopic analysis in free-range chickens in a Brazilian semiarid region. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



v. 31, n. 4, p. e010722, 2022.

SKIRROW, M.B. *Campylobacter enteritis*: a "new" disease. **British Medical Journal**, v. 2, p. 9-11, 1977.

SNELLING, W.J. *et al.* Under the microscope *Campylobacter jejuni*. **Letters in Applied Microbiology**, v. 41, p. 297-302, 2005.

STELLA, A.E. *et al.* Salmonelose aviária. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 4, p. e1910413835, 2021.

TAKAHASHI, S.E. *et al.* Efeito do sistema de criação sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte tipo colonial. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.4, p.624-632, 2006.

TORRES A.C.D. *et al.* Salmoneloses. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v. 76, p. 108-115, 2015.

VIOLA, T.H.; LEAL, T.M.; SOBREIRA, R. dos S. **Galinha caipira: manejo sanitário**. 2 ed., Teresina (PI): EMBRAPA MEIO-NORTE, 2018. Folder.

VRANJAC, A. Influenza aviária e casos em humanos. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 1, p. 187-90, 2006.

WEISS, L.M.; DUBEY, J.P. Toxoplasmosis: A history of clinical observations. **International Journal for Parasitology**, v. 39, n. 8, p. 895-901, 2009.

WUTHIJAREE, K.; LAMBERTZ, C.; GAULY, M. Prevalence of gastrointestinal helminth infections in free-range laying hens under mountain farming production conditions. **British Poultry Science**, v. 58, n. 6, p. 649–655, 2017.

YODER, J. S. *et al.* Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Cryptosporidiosis surveillance - United States, 2009-2010. **MMWR Surveill Summ**, v. 61, n. 5, p. 1-12, 2012.

ZANELLA, J.R.C. Zoonoses emergentes e reemergentes e sua importância para saúde e produção animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, p. 510-519, 2016.

ZEIBIG, E. A. **Parasitologia clínica: uma abordagem clínico-laboratorial**. - 1 ed. - Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 375 p.

ZEN, S. *et al.* **Evolução da avicultura no Brasil Mercado internacional**. Informativo Cepea, p. 1–3, 2015. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br>. Acesso em: 15 jan. 2025.



β -lactâmicos e o cenário da resistência antimicrobiana na aquicultura: Revisão de Literatura

Ana Carolina Miranda de Melo da Silva¹; Francisca Neide Costa²

¹Discente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055- 310 São Luís, MA, Brasil.

²Docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Maranhão, Cidade Universitária Paulo VI, Avenida Lourenço Vieira da Silva 1000, 65055- 310 São Luís, MA, Brasil.

RESUMO

Na aquicultura, os antimicrobianos são amplamente utilizados para prevenir e controlar infecções, mas o uso inadequado e excessivo, associado à aplicação de produtos destinados a outras espécies, favorecem o surgimento de bactérias resistentes, representando um risco significativo para a saúde pública, possibilitando a contaminação de alimentos e a disseminação de genes de resistência. Este estudo revisou a literatura científica disponível e indexada em bases como SciELO, PubMed e Periódicos Capes, além da literatura cinza, com foco nos impactos do uso de antimicrobianos em ambientes aquáticos e na seleção de bactérias resistentes. Os resultados indicam que a aquicultura atua como um elo na propagação de genes de resistência entre ambientes naturais, animais de produção e seres humanos. A resistência antimicrobiana reduz as opções terapêuticas e dificulta o controle de doenças, impactando a saúde pública, a segurança dos alimentos e o equilíbrio ambiental. Esses achados ressaltam a importância de incluir a aquicultura nas estratégias globais de combate à resistência antimicrobiana, alinhando-se aos princípios da Saúde Única.

Palavras-chaves: Resistência antimicrobiana, Genes de resistência, β -lactamase CTX-M, *Escherichia coli*.

INTRODUÇÃO

A Saúde Única é uma abordagem integrada que une os conceitos de saúde humana, animal e ambiental, sendo essencial não apenas para garantir a segurança dos alimentos e hídrica, melhorar a nutrição e controlar a poluição, mas, principalmente, para controlar doenças e combater a resistência antimicrobiana (OMS, 2017; Miranda, 2018).

Esse conceito também deve incluir a aquicultura, uma vez que os ambientes naturais podem favorecer o aumento da resistência bacteriana, representando um risco à saúde humana e buscando, assim, reduzir os riscos à Saúde Única (Hernando-Amado *et al.*, 2019; Santos; Ramos, 2019).

Entende-se por Resistência Antimicrobiana a capacidade de microrganismos, como bactérias, vírus, fungos e parasitas resistirem aos efeitos de medicamentos que anteriormente eram eficazes no combate a eles. Embora seja um processo natural decorrente de mudanças genéticas, seu avanço é intensificado pelo uso inadequado e excessivo de antimicrobianos



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



em humanos, animais e plantas, favorecendo a disseminação de patógenos resistentes (OMS, 2023).

Os antimicrobianos utilizados na produção animal são estruturalmente semelhantes aos utilizados na saúde humana e isso acarreta uma co-seleção e resistência cruzada entre as bactérias, limitando as opções de tratamento utilizadas em humanos (Heuer *et al.*, 2009; EMA, 2014).

Na aquicultura, os antimicrobianos são utilizados principalmente para prevenção e controle de surtos infecciosos. Devido à limitação de disponibilidade de antibióticos desenvolvidos e planejados especificamente para essa finalidade, é comum o uso de produtos destinados a outras espécies, na criação de peixes (Cabello, 2006). Esse padrão de uso, combinado com o uso excessivo e inadequado, favorecendo a seleção de bactérias resistentes em ambientes aquáticos, pode levar à contaminação de alimentos destinados ao consumo humano (Cabello *et al.*, 2013; Ryu *et al.*, 2012).

A sua administração tem impacto sobre o ambiente e pode conduzir ao aparecimento de resistência antimicrobiana, tanto em bactérias comensais do intestino humano e animal, como em bactérias do meio ambiente, com a possível disseminação de genes de resistência entre diversas populações bacterianas (Gastalho *et al.*, 2014).

Uma das formas de investigação da ocorrência de organismos resistentes aos antimicrobianos é a pesquisa de estirpes produtoras de β -lactamase de espectro estendido (ESBL), em especial *Escherichia coli* e *Klebsiella* spp., estes microrganismos emergiram mundialmente como patógenos humanos importantes e resistentes a múltiplos antibióticos, devido à produção de ESBL do tipo CTX-M (Picão *et al.*, 2013; Jiang *et al.*, 2012).

As β -lactamases são enzimas capazes de degradar os antimicrobianos β -lactâmicos (penicilinas, cefalosporinas, carbapenêmicos e monobactâmicos). As bactérias que produzem essa enzima são capazes de inativar os antibióticos β -lactâmicos, tornando-se resistentes e dificultando o tratamento de infecções.

Linhagens de *Escherichia coli* produtoras de ESBL do tipo CTX-M são endêmicas no Brasil, sendo prevalentes em casos de infecções hospitalares e ambulatoriais. Atualmente, cepas produtoras de CTX-M têm sido recuperadas de ambientes urbanos, animais de produção e de alimentos de origem animal, inclusive afetando o agronegócio, o que aponta uma possível rota de disseminação em diferentes ecossistemas (Fernandes, *et al.*, 2020).

Diante do exposto, foi realizada uma revisão de literatura, utilizando as bases de dados SciELO, PubMed, Periódicos Capes e literatura cinza (Google Acadêmico), com o objetivo



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



de aprofundar o entendimento sobre o impacto do uso de antimicrobianos na aquicultura e sua relação com a resistência antimicrobiana, com ênfase nas cepas de *Escherichia coli* produtoras de β -lactamase de espectro estendido (ESBL), destacando seu papel na disseminação de genes de resistência e os riscos para a Saúde Única.

Resistência antimicrobiana na aquicultura

Na aquicultura, o uso de antimicrobianos com finalidade específica é amplamente adotado para prevenir o surgimento e a disseminação rápida de infecções, especialmente na ausência de estratégias preventivas complementares. Esses compostos são comumente administrados de forma coletiva, abrangendo indivíduos saudáveis, infectados e portadores assintomáticos, em uma abordagem voltada para metafilaxia (Santos; Ramos, 2019).

O uso excessivo e estendido de antibióticos na piscicultura não apenas gera resíduos, mas também favorece o desenvolvimento de bactérias resistentes e genes de resistência, trazendo preocupações significativas, como a resistência bacteriana e impactos negativos para o meio ambiente, sendo essas alterações amplamente presentes em ecossistemas de aquicultura (Yuan *et al.*, 2023; Israel; Matos, 2023).

De modo geral, os antimicrobianos são empregados em duas situações principais: como medida profilática, administrados por meio de banhos de imersão ou incorporados à ração, e como terapia para o tratamento de infecções bacterianas (Ali *et al.*, 2016). No entanto, o uso extensivo desses agentes tem contribuído para o aumento da resistência antimicrobiana, um fenômeno preocupante que já resulta em aproximadamente 700.000 mortes por ano em todo o mundo, com projeções alarmantes de até 10 milhões de mortes anuais até 2050 (May, 2021). Esse cenário é agravado pelo aumento de 65% no consumo global de antimicrobianos entre 2000 e 2015, sendo a maior parte destinada à pecuária (Van Boeckel *et al.*, 2019).

Do ponto de vista microbiológico, a resistência ocorre quando um microrganismo desenvolve mecanismos que mantêm sua suscetibilidade à ação de antimicrobianos em comparação com outras bactérias da mesma espécie (Cantón; Morosini, 2011). Essa resistência pode ser intrínseca, quando faz parte das características naturais da bactéria, ou adquirida, podendo ser transmitida de maneira vertical, por herança genética, ou horizontal, por meio da incorporação de genes de resistência de outras bactérias (Sefton, 2002).

A resistência bacteriana pode ser impulsionada tanto por co-seleção quanto por resistência cruzada, consequências que ocorrem devido à semelhança estrutural entre os antimicrobianos usados na produção animal e aqueles empregados na saúde humana. Esse



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



fator contribui para a disseminação da resistência entre diferentes bactérias, diminuindo as opções de tratamento disponíveis para humanos (Heuer *et al.*, 2009; EMA, 2014). Além disso, estudos indicam que a evolução e propagação da resistência antimicrobiana estão fortemente relacionadas à contaminação ambiental por substâncias de origem antropogênica (Seiler; Berendonk, 2012).

Além do uso inadequado de agentes antimicrobianos na medicina humana, a aplicação desses fármacos em animais de produção e na aquicultura tem suscitado preocupações significativas, sendo identificada como um dos principais fatores contribuintes para a propagação da resistência antimicrobiana (Santos; Ramos, 2018).

Com isso é importante relatar que seis das classes mais utilizadas de antimicrobianos — aminoglicosídeos, macrolídeos, penicilinas, quinolonas, sulfonamidas e tetraciclina —, consideradas pela OMS (2019) como de importância crítica para a medicina humana, são frequentemente empregadas na produção animal e na aquicultura (Santos; Ramos, 2019).

No Brasil, apenas florfenicol e oxitetraciclina podem ser utilizados para tratar infecções bacterianas na aquicultura segundo as normas do Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Este cenário, associado ao crescente número de surtos de bacterioses, propicia o uso inadequado de substâncias não legalizadas na atividade (Gazal *et al.*, 2020, Pádua *et al.*, 2012).

No contexto da aquicultura, o Programa Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) tem como objetivo monitorar a exposição de peixes e produtos da pesca a contaminantes ambientais, bem como a resíduos de medicamentos veterinários e agroquímicos, conforme especificado no Anexo V da Instrução Normativa nº 42, de 20 de dezembro de 1999 (BRASIL, 1999). Conforme descrito no Anexo I da Instrução Normativa SDA nº 11, de 07 de maio de 2014, os antibióticos monitorados no subprograma de controle de resíduos e contaminantes em pescado incluem: nitrofurazona, furazolidona, furaltadona, nitrofurantoína, cloranfenicol, tianfenicol, florfenicol, sulfametazina, sulfatiazol, sulfadimetoxina, oxitetraciclina, clortetraciclina, tetraciclina, enrofloxacina, ciprofloxacina, sarafloxacina, difloxacina, ácido nalidíxico, ácido oxolínico e flumequina (BRASIL, 2014).

Segundo Sha *et al.* (2022) alguns estudos apontam que existe a possibilidade de um crescimento gradual no uso de antimicrobianos em países em desenvolvimento. Com isso, é de grande importância ressaltar o uso racional dessas substâncias.

A prevalência de genes de resistência antimicrobiana em aquicultura tem suscitado sérias preocupações públicas em termos de segurança dos alimentos e saúde humana, mas



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



as suas relações com a utilização de antimicrobianos em tanques de aquicultura e mesmo com os seus resíduos em todo o ambiente aquático permanecem pouco claras (Zhou *et al.* 2023)

Com isso, a preservação da eficácia dos antibióticos exige um compromisso coletivo, com a implementação de medidas urgentes em todos os setores. Na aquicultura, é fundamental reduzir significativamente o uso total de antimicrobianos por meio do estabelecimento de limites rigorosos e de um pacto global com adesão e compromissos de todos os países. Além disso, deve-se proibir o uso, nesse setor, de antimicrobianos considerados críticos para a medicina humana (Santos; Ramos, 2019).

Impacto da contaminação ambiental na resistência antimicrobiana

Estudos destacam o ambiente natural como um fator chave na emergência e disseminação de bactérias resistentes (Bengtsson-Palme *et al.*, 2018), com ênfase nos ecossistemas aquáticos, que recebem grandes volumes de resíduos de antibióticos (Pruden *et al.*, 2013; Berendonk *et al.*, 2015).

Na aquicultura, o uso de antimicrobianos na água pode resultar na formação de resíduos que contaminam a água, o solo e os consumidores. Estudos demonstraram a presença desses compostos nos peixes destinados ao consumo humano e nos sedimentos ambientais, em concentrações suficientes para inibir o crescimento de bactérias (Arias; Carrilho, 2012).

Pesquisas realizadas no reservatório de Ilha Solteira, no Rio Paraná, identificaram antibióticos como oxitetraciclina, tetraciclina e florfenicol em amostras de água, sedimentos e peixes, além da presença de bactérias resistentes a diversos antibióticos, como quinolonas, sulfonamidas e tetraciclinas (Monteiro, 2014). Esses resíduos, mesmo quando abaixo dos limites estabelecidos, favorecem a seleção de bactérias resistentes, que podem ser transferidas aos seres humanos por meio do consumo de peixes contaminados ou pelo contato com ambientes aquáticos afetados (Pereira *et al.* 2019).

Além disso, a presença desses resíduos nos sedimentos e na água contribui para a disseminação de genes de resistência, tornando o controle de infecções bacterianas cada vez mais difícil e representando um risco crescente à saúde pública (Gastalho, *et al.*, 2014).

De acordo com Zhou *et al.* (2023) a aquicultura de alta densidade pode levar a um ambiente aquático com múltiplas exposições antimicrobianas, o que altera o perfil de risco da segurança alimentar e vê um risco crescente de exposições humanas tanto a antimicrobianos residuais quanto a genes de resistência a antimicrobianos. Por isso, é



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



fundamental adotar práticas de uso responsável de antimicrobianos na aquicultura e monitorar continuamente a presença desses resíduos, visando proteger tanto a saúde humana quanto o meio ambiente.

O surgimento da resistência está associado ao contato de microrganismos com baixas concentrações de antimicrobianos presentes no ambiente, o que destaca que a poluição industrial e o uso profilático de agentes antimicrobianos na agricultura favorecem a seleção de microrganismos resistentes (Jorgensen; Halling, 2000; Baker *et al.*, 2006; Cabello, 2006).

É sabido que a administração de antibióticos pode ocasionar impactos sobre o ambiente, por meio da liberação de resíduos orgânicos e inorgânicos, e, no caso de água não tratada corretamente, ocorre um acúmulo de resíduos de antibióticos que foram utilizados no tratamento dos peixes, aumentando os riscos do consumo destes animais (Aguiar; Silva, 2023).

Para Ding; He (2010) a descarga de águas residuais e a eliminação de resíduos, principalmente agrícolas, são as principais fontes de antimicrobianos. E o crescimento da resistência bacteriana entre cepas encontradas em ambientes aquáticos contaminados pode ser um sinal do uso indiscriminado e incorreto de agentes antimicrobianos (Souza *et al.*, 2000).

Corroborando com o que foi dito, Arias; Carrilho, (2012) afirmam que os excrementos de animais podem transportar resíduos de antimicrobianos ou bactérias resistentes para o ambiente aquático, o que, por sua vez, pode introduzir essas substâncias na cadeia alimentar humana por meio de peixes contaminados. Isso pode resultar na transferência de genes de resistência para as bactérias potencialmente patogênicas para os seres humanos.

Além dos resíduos de antibióticos que surgem a partir dos excrementos de peixes, tem-se também aqueles oriundos das rações medicamentosas fornecidas no manejo destes animais. Estes resíduos persistem durante longo período quando entram em contato com a água, ficando acumulados nos sedimentos e favorecendo a seleção de bactérias resistentes aos antibióticos (Miranda *et al.*, 2018, Pereira *et al.*, 2019).

Diversos trabalhos apontam que o uso massivo de antimicrobianos resultam em níveis de resíduos muito elevados no ambiente, especialmente no ambiente aquático ao redor de estações de tratamento de águas residuais de hospitais, áreas urbanas e fazendas de aquicultura (Shao *et al.*, 2021; Xue *et al.*, 2022; Zhou *et al.*, 2022). Os níveis elevados de resíduos antimicrobianos aumentam a pressão de seleção sobre as comunidades microbianas no ambiente, aumentando a proliferação e a transmissão de genes de resistência (Yue *et al.*,



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



2021; Cai *et al.*, 2022).

Segundo Amable *et al.*(2022) vários genes de resistência para várias categorias antimicrobianas já foram detectados no ambiente e nos produtos de aquicultura, tipicamente resistente a tetraciclina (tetA, tetB, tetD, tetE, tetG, tetH, tetM), sulfonamidas (sul1, sul2), quinolonas (qnrA, qnrD, qnrS), β -lactâmicos (blaTEM, blaCTX, blaSHV) e macrolídeos (ermB, ermC).

A importância da investigação da resistência antimicrobiana no ambiente aquático foi reforçada no trabalho realizado por Lima *et al.* (2006), onde em um estudo com tilápias foi observado a presença de bactérias resistentes, a todos os antimicrobianos testados, tanto no ambiente de criação como nos filés dos peixes, apesar de não haver uso dos antibióticos na piscicultura avaliada. Isso sugere que a resistência aos antimicrobianos pode ser promovida e mantida por outros fatores, como a contaminação ambiental, que não o uso de antimicrobianos no manejo dos animais.

Mecanismo de transferência dos genes de resistência antimicrobiana

A resistência aos antimicrobianos pode ser natural ou adquirida e pode ser transmitida de maneira vertical ou horizontal. Isso significa que bactérias sensíveis podem se tornar resistentes aos antibióticos por meio de herança genética ou ao adquirir genes de resistência de outras bactérias (Sefton, 2002).

A transferência vertical ocorre quando os elementos de resistência são transmitidos de uma geração para a seguinte, durante o processo de replicação celular. Isso acontece quando uma bactéria resistente se reproduz, passando os genes de resistência para suas descendentes (Woodford *et al.*, 2011).

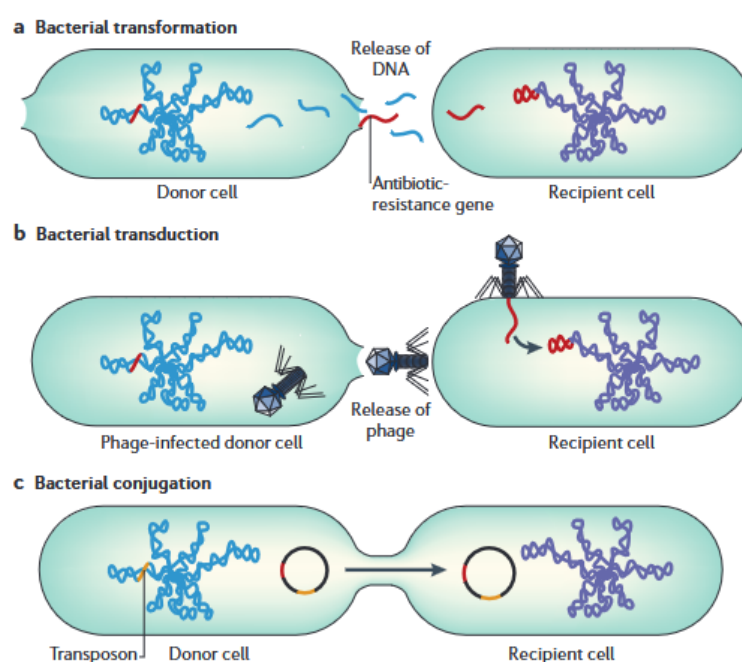
As transferências horizontais de genes de resistência podem suceder no solo, na água, no trato gastrointestinal de humanos e animais, em alimentos, e outros ambientes, e verificam-se através de três mecanismos: transdução, conjugação e transformação (Fig. 1) (Verraes *et al.*, 2013). Geralmente, os genes de resistência localizam-se em elementos genéticos móveis, como plasmídeos, transposons e cassetes gênicos em integrons, além de poder estar presentes em DNA livre e bacteriófagos.

Forster *et al.*(2022) sugerem a transferência horizontal de genes de resistência antimicrobiana entre diferentes bactérias, como uma via que promove o surgimento de bactérias patogênicas resistentes fornecendo um risco contínuo e crescente à saúde humana. Esse tipo de transferência facilita a rápida disseminação da resistência a antibióticos em bactérias. A transferência horizontal que é observada em cepas de *Escherichia coli*, por

exemplo, ocorre devido a presença de integrons (classe 1, classe 2 ou classe 3) ou de plasmídeos com múltiplos genes de resistência, isso confere a essa bactéria um potencial de multirresistência aos antimicrobianos (Deng *et al.*, 2015).

As bactérias de ambientes aquáticos, assim como outras, podem transferir genes de resistência antimicrobiana para outras bactérias (figura 1). A interação entre ambientes ecológicos, como a aquicultura e os seres humanos, facilita a troca de bactérias e seus genes de resistência, representando um risco de transmissão para os humanos a partir do reservatório em bactérias aquáticas (Heuer *et al.*, 2009).

Figura 1. Transferência horizontal de genes em bactérias.



Fonte: Furuya; Lowy (2006)

Legenda: a. A transformação ocorre quando o DNA é liberado na lise de um organismo e é absorvido por outro organismo; b. Na transdução, os genes de resistência aos antimicrobianos são transferidos de uma bactéria para outra por meio de bacteriófagos e podem ser integrados no cromossomo da célula receptora; c. A conjugação ocorre pelo contato direto entre duas bactérias e o DNA é transferido, o que pode resultar na aquisição de genes de resistência aos antimicrobianos pela célula receptora.

Segundo Santos; Ramos (2019) é amplamente reconhecido que a transferência de bactérias e de genes de resistência bacteriana aos antibióticos, do ambiente aquático para os ambientes terrestres, e vice-versa, resulta em efeitos deletérios para a saúde humana e animal, e também para o ecossistema aquático.



Genes de resistência antimicrobiana têm atraído grande atenção nos últimos anos devido à sua persistência ambiental, replicabilidade e transmissão, o que pode representar ameaças graves à saúde pública global e à segurança ecológica (Gao *et al.*, 2018). Dessa forma conhecer os mecanismos de transferência dos genes de resistência e os fatores que contribuem para a resistência antimicrobiana se torna crucial para o enfrentamento dessa problemática.

Resistência aos antimicrobianos β -lactâmicos

Os antibióticos β -lactâmicos representam uma classe ampla e apresentam o anel β -lactâmico em sua estrutura molecular. A classificação desses antimicrobianos é definida pela semelhança estrutural. São conhecidas 4 classes de β -lactâmicos: penicilinas, cefalosporinas, carbapenens e monobactâmicos (Bertoncheli; Hörner, 2008).

As bactérias têm vários mecanismos para escapar da ação dos antimicrobianos e um dos mais importantes em humanos, animais e meio ambiente é a quebra mediada por enzimas do anel β -lactâmico da penicilina e seus derivados (Caldes *et al.*, 2022).

Segundo Sykes (2010), são reconhecidos quatro mecanismos principais de resistência aos antimicrobianos β -lactâmicos: degradação enzimática mediada por β -lactamases, alteração da permeabilidade da membrana, modificação das proteínas bacterianas alvo da ação antimicrobiana e o desenvolvimento de sistemas de efluxo, e as β -lactamases, que hidrolisam o anel β -lactâmico, representam o mecanismo de resistência mais comum e eficaz a estes antibióticos.

A resistência bacteriana mediada por enzimas representa um sério problema de saúde pública global, reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) devido à sua rápida disseminação e ao surgimento de bactérias multirresistentes, que se tornam cada vez mais difíceis de eliminar (Issakhanian *et al.*, 2019; Hozzari *et al.*, 2020). Atualmente, observa-se um aumento e uma maior dispersão da resistência à penicilina, carbapenêmicos e cefalosporinas, impulsionada principalmente pela ação das enzimas β -lactamases.

Estas enzimas foram descritas pela primeira vez em 1940, na Inglaterra; isoladas de uma cepa de *E. coli*, o que motivou a pesquisa sobre resistência a antibióticos desde então (Bush, 2018; Villegas *et al.*, 2008)

Os grupos de β -lactamases de maior importância na disseminação da resistência são: ESBL (β -lactamases de espectro estendido), KPC (*Klebsiella pneumoniae* carbapenemases), MBL (metalo- β -lactamases) e AmpC- β -lactamases (Bush; Jacoby, 2010).

As β -lactamases de espectro estendido - ESBL estão disseminadas em diversas



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



espécies bacterianas, são frequentemente codificadas por genes presentes em plasmídeos e são identificadas em patógenos com importância clínica como os da família Enterobacteriaceae (Jacoby; Munoz-Price, 2005).

As principais bactérias produtoras dessas enzimas são *K. pneumoniae* e *E. coli*, cujo trato intestinal é seu principal reservatório (Hosoglu *et al.*, 2007). As ESBL são codificadas por genes que podem estar localizados em plasmídios e derivam principalmente das enzimas dos grupos TEM, SHV e CTX-M (Livermore, 2012). Dentre esses, o grupo CTX-M foi identificado pela primeira vez em 1989, na Alemanha, em isolados de *E. coli*, sendo inicialmente denominado CTX-M-1. As enzimas da família CTX-M são classificadas em cinco grupos com base na sequência de aminoácidos: CTX-M-1, CTX-M-2, CTX-M-8, CTX-M-9 e CTX-M-25 (Pitout *et al.*, 2004).

Embora a CTX-M tenha sido descoberta na década de 1980, sua rápida disseminação foi observada apenas nos anos 2000, tanto em ambientes hospitalares quanto extra hospitalares, principalmente em *E. coli* (Cantón *et al.*, 2012).

Em trabalho realizado por Villegas *et al.* (2008) diferentes tipos de enzimas foram detectadas na América do Sul com predominância para TEM e SHV e CTX-M, sendo esta última atualmente o grupo ESBL mais difundido na região.

Os genes que codificam as β -lactamases são detectados em diferentes isolados e amostras e um dos maiores grupos encontrados são as enzimas CTX-M. Estudos recentes de epidemiologia realizados no Brasil, mostram que CTX-M-2, CTX-M-8, CTX-M-9 e CTX-M-15 são as variantes predominantes no país (Irrgang *et al.*, 2017; Cyويا *et al.*, 2019; Daga *et al.*, 2019; Soncini *et al.*, 2022).

A disseminação de β -lactamases de espectro estendido pode ocorrer devido a vários fatores, como: acesso limitado aos serviços de saúde pública e a falta de higiene, que podem contribuir para a incidência de ESBLs dentro das comunidades (Behzadi; Behzadi 2008, Founou *et al.*, 2017); o uso de antibióticos como promotores de crescimento em animais de criação, que favorece a disseminação de diferentes tipos de β -lactamases CTX-M em matrizes alimentares e o gerenciamento inadequado de águas residuais hospitalares, que pode resultar na descarga de coliformes multirresistentes (como *E. coli* ESBL+) em corpos d'água naturais (Behzadi *et al.*, 2020, Aworh *et al.*, 2020)

Em um trabalho de revisão realizado por Caldes *et al.* (2022) foi constatado que os países da América do Sul realizaram estudos sobre a detecção de ESBL em alimentos e ambiente. Dos trabalhos levantados foi verificado um número total de 520 ESBLs em amostras de alimentos, dentre as quais foram identificadas a CTX-M, TEM, SHV e AmpC.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Destas, a enzima do tipo CTX-M foi a mais prevalente (73,6%; n=383/520). Os tipos de ESBL identificados nas amostras de ambiente incluíram CTX-M, TEM, SHV, TOHO, OXA e AmpC e as enzimas CTX-M foram as mais prevalentes. Isso demonstra que as enzimas do tipo CTX-M são as mais comumente encontradas em pesquisas realizadas na América do Sul, sendo o Brasil o país com maior número de estudos.

***Escherichia coli* produtora de β -lactamase de espectro estendido**

E. coli é uma bactéria entérica tipicamente encontrada no trato gastrointestinal de humanos e animais que está cada vez mais envolvida em infecções intestinais e extraintestinais atuando também como patógeno oportunista. (Riley, 2020; Denamur *et al.*, 2021). A ocorrência de *E. coli* em alimentos e no ambiente, particularmente em sistemas aquáticos, é uma preocupação pois essa bactéria é considerada um indicador universal de contaminação fecal (Vila *et al.*, 2016). É uma das bactérias mais estudadas no mundo e pode estar amplamente disseminada no ambiente.

Devido às suas características de plasticidade genética e abundância, a *E. coli* é utilizada como marcador em estudos de diversidade e de reservatórios de genes de resistência no ambiente. Sua vasta distribuição no ambiente e presença no trato gastrointestinal de homens e animais faz com que ela venha sendo cada vez mais empregada em estudos de disseminação da resistência microbiana. (Leimbach *et al.*, 2013; Braz *et al.*, 2020). Reforçando ainda mais sua importância, Pereira e colaboradores afirmam que, atualmente, existem registros de cepas de enterobactérias resistentes à maioria dos antibióticos (Pereira *et al.*, 2019).

Alonso *et al.* (2017) já haviam afirmado que a *E. coli* é considerada um indicador útil para a análise de prevalência de resistência a antibióticos, permitindo avaliar e comparar a ocorrência de resistência entre diferentes populações e analisar a transmissão animal-humano.

A resistência antimicrobiana em infecções causadas por *E. coli* é considerada um problema global de saúde pública. Além disso, a presença de *E. coli* resistente a antimicrobianos em sistemas aquáticos, devido ao descarte inadequado de resíduo hospitalar e domiciliar em afluentes de rios e oceanos, tem sido amplamente descrita na literatura, e tem contribuindo para disseminação de genes de resistência de importância na medicina humana nesses ambientes (Sacramento *et al.*, 2019).

Os mecanismos de resistência antimicrobiana mais frequentemente encontrados em *E. coli* correspondem à aquisição de genes que codificam para enzimas como β -lactamases



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



de espectro estendido– ESBL (conferindo resistência a cefalosporinas de terceira e quarta gerações), carbapenemases (dando resistência aos carbapenêmicos), 16S rRNA metilases (conferindo pan-resistência a aminoglicosídeos), resistência a quinolonas mediada por genes plasmidiais (que aferem resistência a fluoroquinolonas) e genes *mcr* (que oferecem resistência às polimixinas) (Poirel *et al.*, 2018).

Atualmente, a produção de ESBL é o principal mecanismo de resistência aos antibióticos em espécies de Enterobacteriaceae, especialmente em *E. coli*, e geralmente são disseminadas por genes presentes em plasmídeos (Bush; Jacoby, 2010; Harris *et al.*, 2015).

Na América do Sul, a prevalência de *E. coli* produtora de ESBL é maior em fontes animais, alimentares e ambientais do que em amostras humanas, indicando que, embora muitos mecanismos de resistência sejam adquiridos no ambiente clínico, a disseminação em ambientes não hospitalares é predominante e merece maior investigação (Caldes *et al.*, 2022). No Brasil, a presença de *E. coli* ESBL do tipo CTX-M-positivas tem sido cada vez mais relatada em diferentes ambientes aquáticos, especialmente em rios e lagos contaminados por poluição antropogênica, reforçando a importância do monitoramento ambiental na disseminação da resistência antimicrobiana (Fernandes *et al.*, 2017).

Durante muitos anos as variantes de CTX-M mais identificadas em território brasileiro foram as CTX-M-2, CTX-M-8 e CTX-M-9, porém, a variante pandêmica CTX-M-15 tem sido amplamente identificada (Bueno *et al.*, 2013; Lahlaoui *et al.*, 2014; Seki *et al.*, 2013).

A propagação de genes de resistência nas estirpes de *E. coli* tem sido associada à presença de clones de alto risco, como por exemplo, o clone pandêmico ST131 responsável pela disseminação de blaCTX-M-15 em diferentes hospedeiros e ecossistemas (Kawamura *et al.*, 2018, Paitan, 2018, Vila *et al.*, 2016).

Em um trabalho de revisão sobre clones de *E. coli* de importância epidemiológica na América do Sul, Caldes *et al.* (2022) identificaram o clone ST131 como o mais prevalente, seguido pelo ST10, enquanto outros clones, como ST405, ST648, ST38, ST410, ST744, ST90, ST117 e ST155, foram encontrados em menor frequência. Diante dessa diversidade clonal e seu impacto na resistência antimicrobiana, os autores destacam a necessidade de ampliar a vigilância epidemiológica para detectar os tipos predominantes de ESBLs, identificar novas variantes e monitorar a distribuição dos clones ST, visto que seu rastreamento é essencial para compreender suas diferentes funções na resistência aos antibióticos e na identificação das fontes de infecção.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão de literatura destacou a importância de compreender o impacto do uso de antimicrobianos na aquicultura e sua contribuição para a disseminação da resistência antimicrobiana, com foco nas cepas de *E. coli* produtoras de β -lactamase de espectro estendido (ESBL). Os dados levantados reforçam que a resistência antimicrobiana é um problema de grande importância na saúde humana, animal e ambiental, tornando essencial a adoção de práticas que incorporem os princípios da Saúde Única.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior/CAPES (Código financiamento 001) e pela concessão da bolsa de doutorado a Ana Carolina Miranda de Melo da Silva.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D.L.; SILVA, L.O.P. Aumento da resistência bacteriana em aquicultura: possíveis alternativas à antibioticoterapia. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 12, 2023. <https://doi.org/10.61164/rnm.v12i1.1702>
- ALI, H.; RICO, A.; MURSHED-E-JAHAN, K.; BELTON, B. Uma avaliação do uso de produtos químicos e biológicos na aquicultura em Bangladesh. **Aquicultura**, v. 454, p. 199–209, 2016.
- ALONSO, C.A. *et al.* Analysis of blaSHV-12-carrying *Escherichia coli* clones and plasmids from human, animal and food sources. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, v. 72, p. 1589-1596, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1093/jac/dkx024>
- AMABLE, V.I. *et al.* Fluoroquinolones and tetracyclines as growth factors in aquaculture: increase of biometric parameters versus emergence of resistant bacteria and residues in meat. **Aquaculture**, v. 561, p. 738640, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738640>
- ARIAS, M.V.B.; CARRILHO, C. M.D.M. Resistência antimicrobiana nos animais e no ser humano: há motivo para preocupação? **Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 775-790, abr. 2012.
- AWORH, M.K. *et al.* Extended-spectrum β -lactamase-producing *Escherichia coli* among humans, chickens and poultry environments in Abuja, Nigeria. **One Health Outlook**, v. 2, n. 8, 2020. <https://doi.org/10.1186/s42522-020-00014-7>
- BAKER, A. C.; WRIGHT, M. S.; STEPANAUSKAS, R.; McARTHUR, J. V. Co-selection of antibiotic and metal resistance. **Trends in Microbiology**, v. 14, p. 176–182, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.tim.2006.02.006>



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



BEHZADI, P.; BEHZADI, E. The microbial agents of urinary tract infections at central laboratory of Dr. Shariati Hospital, Tehran, Iran. *Turk Klin Tip Bilim*, v. 28, n. 4, p. 445–449, 2008.

BEHZADI, P. *et al.* METALLO- β -lactamases: a review. *Molecular Biology Reports*, v. 47, n. 8, p. 6281–6294, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11033-020-05651-9>

BENGTTSSON-PALME, J. *et al.* Environmental factors influencing the development and spread of antibiotic resistance. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 42, n. 1, p. 68–80, 2018. <https://10.1093/femsre/fux053>

BERENDONK, T. U. *et al.* Tackling antibiotic resistance: the environmental framework. *Nature Reviews Microbiology*, v. 13, n. 5, p. 310–317, 2015. <https://10.1038/nrmicro3439>

BERTONCHELI, C.M.; HÖRNER, R. Uma revisão sobre metalo- β -lactamases. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 44, n. 4, p. 697–706, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-93322008000400005>

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 42, de 20 de dezembro de 1999. Altera o Plano Nacional de Controle de Resíduos em Produtos de Origem Animal. *Diário Oficial da União*, Brasília, 22 dez. 1999. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa SDA nº 11, de 07 de maio de 2014. Publica o Subprograma de Monitoramento em Carnes. *Diário Oficial da União*, Brasília, 07 maio 2014. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 10 fev. 2025.

BRAZ, V.S. *et al.* *Escherichia coli* as a multifaceted pathogenic and versatile bacterium. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, v. 10, 548492, 2020. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.548492>.

BUENO, M.F. *et al.* Coproduction of 16S rRNA methyltransferase RmtD or RmtG with KPC-2 and CTX-M group extended-spectrum β -lactamases in *Klebsiella pneumoniae*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, v. 57, p. 2397–2400, 2013. <https://doi.org/10.1128/AAC.02108-12>.

BUSH, K. Past and present perspectives on β -lactamases. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, v. 62, n. 10, 2018. <https://doi.org/10.1128/AAC.01076-18>.

BUSH, K.; JACOBY, G.A. Updated functional classification of beta-lactamases. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, v. 54, p. 969–976, 2010.

CABELLO, F.C. *et al.* Antimicrobial use in aquaculture re-examined: its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. *Environmental Microbiology*, v. 15, n. 7, p. 1917–1942, 2013. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12134>.

CABELLO, F.C. Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology*, v. 8, n. 7, p. 1137–1144, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2006.01054.x>.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



CAI, M. *et al.* Occurrence and temporal variation of antibiotics and antibiotic resistance genes in hospital inpatient department wastewater. *Chemosphere*, v. 292, 133405, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133405>.

CALDES, C.B. *et al.* Extended-spectrum beta-lactamases producing *Escherichia coli* in South America: a systematic review with a One Health perspective. *Infection and Drug Resistance*, v. 15, p. 5759–5779, 2022. <https://doi.org/10.2147/IDR.S371845>.

CANTÓN, R. *et al.* CTX-M enzymes: origin and diffusion. *Frontiers in Microbiology*, v. 3, n. 110, p. 1–19, 2012. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00110>

CANTÓN, R.; MOROSINI, M.I. Emergence and spread of antibiotic resistance following exposure to antibiotics. *FEMS Microbiology Reviews*, v. 35, p. 977–991, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00295.x>.

CYOIA, P.S. *et al.* Distribution of ExPEC virulence factors, blaCTX-M, fosA3, and mcr-1 in *Escherichia coli* isolated from commercialized chicken carcasses. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, 3254, 2019. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.03254>.

DAGA, A.P. *et al.* *Escherichia coli* bloodstream infections in patients at a university hospital: virulence factors and clinical characteristics. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, v. 9, 191, 2019 <https://doi.org/10.3389/fcimb.2019.00191>.

DENAMUR, E. *et al.* The population genetics of pathogenic *Escherichia coli*. *Nature Reviews Microbiology*, v. 19, n. 1, p. 37–54, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-0416-x>.

DENG, Y. *et al.* Resistance integrons: class 1, 2 and 3 integrons. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*, v. 14, n. 45, p. 1–11, 2015. <https://doi.org/10.1186/s12941-015-0100-6>.

DING, C.; HE, J. Effect of antibiotics in the environment on microbial populations. *Applied Microbiology and Biotechnology*, v. 87, p. 925–941, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00253-010-2649-5>

EMA – European Medicines Agency. Answers to the requests for scientific advice on the impact on public health and animal health of the use of antibiotics in animals. 2014. Disponível em: https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/sixth-esvac-report-sales-veterinary-antimicrobial-agents-29-european-countries-2014_en.pdf. Acesso em: 11 nov. 2024.

FERNANDES, M.R. *et al.* Identification and genomic features of halotolerant extended-spectrum- β -lactamase (CTX-M) producing *Escherichia coli* in urban-impacted coastal waters, Southeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. 150, p. 110689, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110689>.

FERNANDES, M.R. *et al.* Colistin-resistant mcr-1-positive *Escherichia coli* in public beaches, an infectious threat emerging in recreational waters. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, v. 61, e00234-17, 2017. <https://doi.org/10.1128/AAC.00234-17>

FORSTER, S.C. *et al.* Strain-level characterization of broad host range mobile genetic elements transferring antibiotic resistance from the human microbiome. *Nature*



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Communications, v. 13, p. 1445, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29096-9>.

FOUNOU, R.C. *et al.* Clinical and economic impact of antibiotic resistance in developing countries: a systematic review and meta-analysis. **PLoS ONE**, v. 12, n. 12, e0189621, 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189621>.

FURUYA, E.Y.; LOWY, F.D. Antimicrobial-resistant bacteria in the community setting. **Nature Reviews Microbiology**, v. 4, p. 36–45, 2006. <https://doi.org/10.1038/nrmicro1325>

GAO, H. *et al.* Complex migration of antibiotic resistance in natural aquatic environments. **Environmental Pollution**, v. 232, p. 1–9, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.078>

GASTALHO, S. *et al.* Uso de antibióticos em aquacultura e resistência bacteriana: impacto em saúde pública. **Acta Farmacêutica Portuguesa**, v. 3, n. 1, p. 29–45, 2014.

GAZAL, L.E.S. *et al.* Antimicrobials and resistant bacteria in global fish farming and the possible risk for public health. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 87, e0362019, p. 1–11, 2020. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000362019>.

HARRIS, P.N. *et al.* β -lactam and β -lactamase inhibitor combinations in the treatment of extended-spectrum β -lactamase producing *Enterobacteriaceae*: time for a reappraisal in the era of few antibiotic options? **The Lancet Infectious Diseases**, v. 15, p. 475–485, 2015. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(14\)70950-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70950-8).

HERNANDO-AMADO, S. *et al.* Defining and combating antibiotic resistance from One Health and Global Health perspectives. **Nature Microbiology**, v. 4, p. 1432–1442, 2019. <https://doi.org/10.1038/s41564-019-0503-9>.

HEUER, O.E. *et al.* Human health consequences of use of antimicrobial agents in aquaculture. **Clinical Infectious Diseases**, v. 49, p. 1248–1253, 2009. <https://doi.org/10.1086/605667>.

HOSOGLU, S. *et al.* Extended-spectrum β -lactamases in ceftazidime-resistant *Escherichia coli* and *Klebsiella pneumoniae* isolates in Turkish hospitals. **Indian Journal of Medical Microbiology**, v. 25, n. 4, p. 346–350, 2007. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.37336>.

HOZZARI, A. *et al.* Clinical cases, drug resistance, and virulence genes profiling in uropathogenic *Escherichia coli*. **Journal of Applied Genetics**, v. 61, n. 2, p. 265–273, 2020. <https://doi.org/10.1007/s13353-020-00542-y>.

IRRGANG, A. *et al.* CTX-M-15-producing *Escherichia coli* isolates from food products in Germany are mainly associated with an IncF-type plasmid and belong to two predominant clonal *E. coli* lineages. **Frontiers in Microbiology**, v. 8, p. 2318, 2017. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02318>.

ISRAEL, L.G.; MATOS, M.R. O uso de antibióticos na piscicultura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 9, n. 08, ago. 2023. ISSN 2675-3375. <https://doi.org/10.51891/rease.v9i8.11134>.

ISSAKHANIAN, L.; BEHZADI, P. Antimicrobial agents and urinary tract infections.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Current Pharmaceutical Design, v. 25, n. 12, p. 1409–1423, 2019. <https://doi.org/10.2174/13816128259991906191302164>.

JACOBY, G.A.; MUNOZ-PRICE, L.S. The new β -lactamases. **The New England Journal of Medicine**, v. 352, p. 380–391, 2005. <https://doi.org/10.1056/NEJMra041359>.

JIANG, H. *et al.* Prevalence and characteristics of β -lactamase and plasmid-mediated quinolone resistance genes in *Escherichia coli* isolated from farmed fish in China. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 67, n. 10, p. 2350–2353, 2012. <https://doi.org/10.1093/jac/dks250>.

JORGENSEN, S.E.; HALLING-SORENSEN, B. Drugs in the environment. **Chemosphere**, v. 40, p. 691–699, 2000. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(99\)00438-5](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(99)00438-5).

KAWAMURA, K. *et al.* Prevalence of CTX-M-type extended-spectrum β -lactamase-producing *Escherichia coli* B2-025-ST131 H30R among residents in nonacute care facilities in Japan. **Microbial Drug Resistance**, 2018. <https://doi.org/10.1089/mdr.2018.0068>.

LAHLAOUI, H. *et al.* Epidemiology of Enterobacteriaceae producing CTX-M type extended spectrum β -lactamase (ESBL). **Médecine et Maladies Infectieuses**, v. 44, p. 400–404, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.medmal.2014.03.010>.

LEIMBACH, A. *et al.* *Escherichia coli* as an all-rounder: the thin line between commensalism and pathogenicity. **Current Topics in Microbiology and Immunology**, v. 358, p. 3–32, 2013. https://doi.org/10.1007/82_2012_303.

LIMA, R. M. S. *et al.* Resistência a antimicrobianos de bactérias oriundas de ambiente de criação e filés de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 126–132, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000100018>.

LIVERMORE, D.M. Current epidemiology and growing resistance of Gram-negative pathogens. **Korean Journal of Internal Medicine**, v. 27, p. 128–142, 2012. <https://doi.org/10.3904/kjim.2012.27.2.128>.

MAY, M. Tomorrow's major microbial threats. **Scientific American**, Springer Nature, v. 3, n. 3, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41591-021-01264-2>.

MIRANDA, C. D. *et al.* Current status of the use of antibiotics and the antimicrobial resistance in the Chilean salmon farms. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, p. 1284, 2018. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01284>.

MONTEIRO, S.H. **Ocorrência de antibióticos e estudo de resistência microbiana em sistemas aquaculturais do Rio Paraná, Reservatório de Ilha Solteira, na região de Santa Fé do Sul, estado de São Paulo**. 2014. 144 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Ciências, Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2014.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Antimicrobianos de importância crítica para a medicina humana: 6ª revisão. 2019. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241515528>. Acesso em: 10 fev. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). One Health. World Health



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



Organization, 2017. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/one-health>. Acesso em: 05 nov. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Resistência antimicrobiana. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>. Acesso em: 02 maio 2025.

PÁDUA, S.B. *et al.* Alevinos saudáveis: o ponto de partida para uma produção estável. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 134, p. 30–37, 2012.

PAITAN, Y. Current trends in antimicrobial resistance of *Escherichia coli*. **Current Topics in Microbiology and Immunology**, v. 416, p. 181–211, 2018. https://doi.org/10.1007/82_2018_110.

PEREIRA, I.C.G. *et al.* Ambiente marinho e resistência bacteriana aos antimicrobianos: impacto à saúde humana. **Acta Scientiae et Technicae**, v. 7, n. 2, p. 65–80, 2019. <https://doi.org/10.17648/uezo-ast-v7i2.281>.

PICÃO, R.C. *et al.* The route of antimicrobial resistance from the hospital effluent to the environment: focus on the occurrence of KPC-producing *Aeromonas* spp. and *Enterobacteriaceae* in sewage. **Diagn Microbiol Infect Dis**, v. 76, n. 1, p. 80–85, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2013.02.001>.

PITOUT, J.D. *et al.* Phenotypic and molecular detection of CTX-M β -lactamases produced by *Escherichia coli* and *Klebsiella* spp. **Journal of Clinical Microbiology**, v. 42, n. 12, p. 5715–5721, 2004. <https://doi.org/10.1128/JCM.42.12.5715-5721.2004>.

POIREL, L. *et al.* Antimicrobial resistance in *Escherichia coli*. **Microbiology Spectrum**, v. 6, n. 4, 2018. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.ARBA-0026-2017>.

PRUDEN, A. *et al.* Management options for reducing the release of antibiotics and antibiotic resistance genes to the environment. **Environmental Health Perspectives**, v. 121, n. 8, p. 878–885, 2013. <https://doi.org/10.1289/ehp.1206446>.

RILEY, L.W. Extraintestinal foodborne pathogens. **Annual Review of Food Science and Technology**, v. 11, p. 275–294, 2020. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051618>.

RYU, S.H. *et al.* Antimicrobial resistance and resistance genes in *Escherichia coli* strains isolated from commercial fish and seafood. **International Journal of Food Microbiology**, v. 152, p. 14–18, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.10.003>.

SACRAMENTO, A.G. *et al.* VanA-type vancomycin-resistant *Enterococcus faecium* ST1336 isolated from mussels in an anthropogenically impacted ecosystem. **Marine Pollution Bulletin**, 2019. In press. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.014>.

SANTOS, L.; RAMOS, F.A contribuição da aquicultura para a emergência, disseminação e transferência de resistência bacteriana aos antibióticos: origem, potenciadores e soluções. **Acta Farmacêutica Portuguesa**, v. 8, n. 1, p. 69–80, 2019.

SANTOS, L.; RAMOS, F. Antimicrobial resistance in aquaculture: current knowledge and



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



alternatives to tackle the problem. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 52, n. 2, p. 135–143, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2018.03.010>.

SEFTON, A.M. Mechanisms of antimicrobial resistance: their clinical relevance in the new millennium. **Drugs**, v. 62, n. 4, p. 557–566, 2002. <https://doi.org/10.2165/00003495-200262040-00001>.

SEILER, C.; BERENDONK, T.U. Heavy metal driven co-selection of antibiotic resistance in soil and water bodies impacted by agriculture and aquaculture. **Frontiers in Microbiology**, v. 3, p. 399, 2012. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2012.00399>.

SEKI, L.M. *et al.* Molecular epidemiology of CTX-M-producing *Enterobacteriaceae* isolated from bloodstream infections in Rio de Janeiro, Brazil: emergence of CTX-M-15. **Brazilian Journal of Infectious Diseases**, v. 17, p. 640–646, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2013.03.012>.

SHA, S. *et al.* In-situ removal of residual antibiotics (enrofloxacin) in recirculating aquaculture system: effect of ultraviolet photolysis plus biodegradation using immobilized microbial granules. **Journal of Cleaner Production**, v. 333, p. 130190, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130190>.

SHAO, Y.T. *et al.* A systematic review on antibiotics misuse in livestock and quaculture and regulation implications in China. **Science of the Total Environment**, v. 798, 149205, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149205>.

SONCINI, J.G.M. *et al.* Genomic insights of high-risk clones of ESBL-producing *Escherichia coli* isolated from community infections and commercial meat in Southern Brazil. **Nature Portfolio**, v. 12, 9354, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13197-y>.

SOUZA, W.G.S. *et al.* Resistance profile of *Bacteroides fragilis* isolated in Brazil. Do they shelter the *cfiA* gene? **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 45, n. 4, p. 475–481, 2000. <https://doi.org/10.1093/jac/45.4.475>.

VAN BOECKEL, T.P. *et al.* Global trends in antimicrobial resistance in animals in low- and middle-income countries. **Science**, v. 365, p. 1266, 2019. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1944>.

VERRAES, C. *et al.* Antimicrobial resistance in the food chain: a review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 10, n. 7, p. 2643–2669, 2013. <https://doi.org/10.3390/ijerph10072643>.

VILA, J. *et al.* *Escherichia coli*: an old friend with new tidings. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 40, p. 437–463, 2016. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuw005>.

VILLEGAS, M. V. *et al.* Prevalence of extended-spectrum β -lactamases in South America. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 14, p. 154–158, 2008. <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2007.01869.x>.

WOODFORD, N. *et al.* Multiresistant gram-negative bacteria: the role of high-risk clones in the dissemination of antibiotic resistance. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 35, p. 736–755, 2011. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2011.00268.x>.



Construindo conhecimento:

COLETÂNEA DE REVISÕES EM CIÊNCIA ANIMAL



XUE, C. *et al.* Occurrence of antibiotics and antibiotic resistance genes in cultured prawns from rice-prawn co-culture and prawn monoculture systems in China. **Science of the Total Environment**, v. 806, 150307, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150307>.

YUAN, X. *et al.* A review of antibiotics, antibiotic resistant bacteria, and resistance genes in aquaculture: occurrence, contamination, and transmission. **Toxics**, v. 11, 420, 2023. <https://doi.org/10.3390/toxics11050420>.

YUE, Z. F. *et al.* Pollution characteristics of livestock feces and the key driver of the spread of antibiotic resistance genes. **Journal of Hazardous Materials**, v. 409, 124957, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124957>.

ZHOU, M. *et al.* Fingerprinting pharmaceuticals of multiple sources at a provincial watershed scale. **Science of the Total Environment**, v. 820, 153356, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153356>.

ZHOU, M. *et al.* J. Co-proliferation of antimicrobial resistance genes in tilapia farming ponds associated with use of antimicrobials. **Science of the Total Environment**, v. 887, 1640462, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.164046>.