

ERIC MATEUS NASCIMENTO DE PAULA
ORGANIZADOR

CIÊNCIA VETERINÁRIA EM EVIDÊNCIA

REVISÕES DE LITERATURA DE
EGRESSOS DA UNIFIMES



EDITORA
ASSOCIADA
À ABEU
abeu.org.br



FAPEG
Fundação de Amparo à Pesquisa
do Estado de Goiás

CIÊNCIA VETERINÁRIA EM EVIDÊNCIA

REVISÕES DE LITERATURA DE EGRESSOS
DA UNIFIMES

ISBN: 978-65-986130-9-9

DOI:<https://doi.org/10.35685/EDUFIMES6948>

Organizador

Eric Mateus Nascimento de Paula

Autores

Adriely Oliveira Fonseca
Andresa de Cássia Martini
Andressa Gonçalves Rodrigues
Biana Santos Vasconcelos
Demilson Serafim Vilela
Eric Mateus Nascimento de Paula
Érica de Jesus Frades
Gabriel Guimarães Oliveira
Izabella Ferreira Queiroz

José Tiago das Neves Neto
Lianna Ghisi Gomes
Lucas de Souza Quevedo
Mirian Lima Fernandes
Nicolas Jalowitzki De Lima
Paola Pilonetto Pereira
Priscila Chediek Dall'Acqua
Raquel Loren dos Reis Paludo
Virginia Oliveira Zarth



Deise Katuscia Xavier Kaisa Oliveira
Editora Chefe

Deise Katuscia Xavier Kaisa Oliveira
Projeto Gráfico e Diagramação

Conselho Editorial

Presidente do Conselho Editorial
Evandro Salvador Alves de Oliveira

Membros

Camila Botelho Miguel
Cleia Simone Ferreira
Danilo Marques da Silva Godinho
Elisângela Maura Catarino
Eric Mateus Nascimento de Paula
Flaviane Cristina Rocha Cesar
Glicélia Pereira Silva
Reuber da Cunha Luciano
Sebastião Donizete de Carvalho
Wainny Rocha Guimarães Ritter



Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES

Luiz Antônio Alves Costa
Presidente do Conselho Superior da FIMES

Juliane Rezende Cunha
Reitora da UNIFIMES

Marilaine de Sá Fernandes
Vice-Reitora

Liomar Alves dos Santos
Pró-Reitor de Administração e de Planejamento

Evandro Salvador Alves de Oliveira
Pró-Reitor de Ensino, de Pesquisa e de Extensão

ISBN: 978-65-986130-9-9

DOI: <https://doi.org/10.35685/EDUFIMES6948>

**Serviço de Documentação Universitária
Centro Universitário de Mineiros - UNIFIMES
Biblioteca Central Dom Eric James Deitchman
Bibliotecária: Karine Balduino Costa CRB-1/ 3513
Dados Internacionais de Catalogação na Fonte (CIP)**

C569 Ciência Veterinária em Evidência.

Ciência Veterinária em Evidência: revisões de literatura de egressos da UNIFIMES [recurso eletrônico] / Adriely Oliveira Fonseca... [et al.] ; organizador: Eric Mateus Nascimento de Paula. – Mineiros, GO : EDUFIMES, 2026.

121 p.: il.
E- Book.
ISBN: 978-65-986130-9-9
DOI: <https://doi.org/10.35685/EDUFIMES6948>
Inclui referências bibliográficas.

1. Ciência Veterinária em Evidência.
2. Medicina veterinária- pesquisa. 3. Produção científica.
I. Fonseca, Adriely Oliveira. II. Paula, Eric Matheus Nascimento de, org.

CDD: 636.089
CDU: 636.09

Os autores são responsáveis por todo o conteúdo publicado, estando sob a responsabilidade da legislação de Direitos Autorais 9.610/1998 e Código Penal 2.848/1940

PREFÁCIO

A ciência constitui o alicerce sobre o qual se sustenta a Medicina Veterinária moderna. Em um cenário marcado por rápidas transformações tecnológicas, sanitárias e produtivas, torna-se imprescindível que a formação do médico-veterinário esteja ancorada não apenas na aquisição de competências técnicas, mas também no desenvolvimento do pensamento crítico, da capacidade analítica e do compromisso ético com a produção e a aplicação do conhecimento científico. É nesse contexto que se insere a obra *Ciência Veterinária em Evidência: Revisões de Literatura de Egressos da UNIFIMES*.

Esta coletânea representa mais do que um registro acadêmico; ela materializa um processo formativo que reconhece o Trabalho de Conclusão de Curso como um espaço privilegiado para a consolidação da iniciação científica na graduação. Os capítulos aqui reunidos são fruto de revisões de literatura conduzidas com rigor metodológico, fundamentadas em fontes científicas qualificadas e orientadas por docentes comprometidos com a excelência do ensino superior. Cada texto expressa o esforço dos autores em compreender o estado da arte de temas relevantes da Medicina Veterinária, analisando criticamente evidências científicas, identificando avanços, limitações e lacunas no conhecimento disponível.

Ao transformar trabalhos individuais em uma obra coletiva, este livro reafirma o valor da produção científica discente e rompe com a lógica de que o conhecimento gerado na graduação se encerra nos arquivos institucionais. Pelo contrário, evidencia que a pesquisa desenvolvida nesse nível de formação possui potencial para contribuir de forma efetiva com a comunidade acadêmica e profissional, servindo como fonte de consulta, atualização e reflexão para estudantes, docentes e profissionais da área.

Os temas abordados ao longo da obra refletem a diversidade e a complexidade da Medicina Veterinária contemporânea, contemplando diferentes campos de atuação e dialogando com demandas estratégicas da sociedade, como a saúde única, a segurança alimentar, o bem-estar animal, a produção sustentável e a vigilância em saúde. Essa pluralidade temática reforça o caráter interdisciplinar da formação veterinária e evidencia a necessidade de integração entre ciência, prática profissional e responsabilidade social.

Do ponto de vista institucional, a obra reafirma o compromisso do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES com a formação de profissionais críticos, éticos e tecnicamente qualificados, capazes de compreender a ciência como um processo dinâmico e em constante construção. A iniciativa de organizar e publicar revisões de literatura produzidas por egressos fortalece a cultura da pesquisa, estimula o protagonismo discente e valoriza o papel do docente-orientador como mediador do conhecimento científico.

Assim, *Ciência Veterinária em Evidência* não se limita a compilar textos acadêmicos, mas se configura como um instrumento de valorização da ciência produzida na graduação, de incentivo à continuidade da trajetória acadêmica e de fortalecimento da identidade científica do curso de Medicina Veterinária da UNIFIMES. Que esta obra inspire novos estudantes a enxergar a pesquisa como parte indissociável de sua formação e contribua para a difusão do conhecimento científico comprometido com o avanço da Medicina Veterinária e com as demandas da sociedade contemporânea.

AGRADECIMENTOS

A concretização desta obra é resultado do empenho coletivo de alunos e professores que acreditam na ciência como ferramenta de transformação acadêmica e social. Aos egressos do curso de Medicina Veterinária da UNIFIMES, autores dos capítulos deste livro, expressamos nosso reconhecimento pelo comprometimento, dedicação e seriedade com que conduziram seus Trabalhos de Conclusão de Curso, demonstrando responsabilidade científica, curiosidade intelectual e capacidade crítica ao longo de todo o processo de construção do conhecimento.

Aos professores orientadores e docentes do curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES, nosso sincero agradecimento pela orientação técnica, pelo acompanhamento metodológico e pelo incentivo constante à pesquisa científica. O papel desempenhado por esses profissionais foi essencial para assegurar a qualidade acadêmica dos trabalhos e para estimular nos alunos o pensamento científico, a ética profissional e o compromisso com a excelência.

Este livro também é fruto de um ambiente institucional que valoriza o ensino superior de qualidade, a produção científica e a formação integral do futuro médico-veterinário. Que esta obra sirva como fonte de consulta, inspiração e motivação para novos estudantes, reafirmando que a ciência construída na graduação possui relevância, impacto e capacidade de contribuir efetivamente para o desenvolvimento da Medicina Veterinária.

APRESENTAÇÃO DO LIVRO

A obra *Ciência Veterinária em Evidência: Revisões de Literatura de Egressos da UNIFIMES* reúne capítulos oriundos de Trabalhos de Conclusão de Curso desenvolvidos por egressos do curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES. Os textos apresentam revisões de literatura conduzidas com base em critérios metodológicos científicos, abordando temas estratégicos e atuais da Medicina Veterinária, com impactos diretos na saúde animal, saúde pública, produção animal e bem-estar animal.

O **Capítulo 1 – Principais causas infecciosas de condenação total de carcaças em bovinos durante a inspeção *Ante-mortem* e *Post-mortem*** discute, à luz da literatura científica e da legislação sanitária vigente, as enfermidades infecciosas que resultam na condenação total de carcaças bovinas em estabelecimentos de abate. O capítulo enfatiza os aspectos epidemiológicos, patológicos e higiênico-sanitários dessas enfermidades, destacando a importância da atuação do médico-veterinário na inspeção de produtos de origem animal e na proteção da saúde pública.

No **Capítulo 2 – Melhoramento genético em bovino de corte no Brasil**, os autores apresentam uma revisão abrangente sobre os fundamentos, métodos e avanços do melhoramento genético aplicado à bovinocultura de corte no país. São discutidos temas como seleção genética, cruzamentos, uso de avaliações genômicas e seus impactos na produtividade, eficiência econômica e sustentabilidade da produção pecuária brasileira.

O **Capítulo 3 – Abordagem comparativa de protocolos de tratamento da dirofilariose canina: uma revisão de literatura** analisa criticamente os diferentes protocolos terapêuticos utilizados no tratamento da dirofilariose em cães. O texto aborda mecanismos de ação, eficácia, riscos e limitações das abordagens descritas na literatura, contribuindo para a tomada de decisão clínica baseada em evidências científicas.

O **Capítulo 4 – Situação epidemiológica de *Rickettsia sp.* do grupo Febre Maculosa em humanos e pequenos mamíferos no Brasil** apresenta uma revisão detalhada sobre a epidemiologia da febre maculosa brasileira, enfatizando a circulação do agente em humanos e em reservatórios animais. O capítulo discute aspectos relacionados à vigilância epidemiológica, ao papel dos pequenos mamíferos no ciclo da doença e à relevância do médico-veterinário no contexto da Saúde Única.

No **Capítulo 5 – Controle de *Rhipicephalus microplus* no Brasil: os desafios perante a resistência aos carrapaticidas**, os autores abordam a problemática da resistência parasitária aos carrapaticidas utilizados no controle do carrapato-do-boi. O texto discute os principais mecanismos de resistência, as falhas no manejo químico e as estratégias integradas de controle, ressaltando os impactos econômicos e sanitários na bovinocultura nacional.

O **Capítulo 6 – Diferentes combinações hormonais utilizadas na IATF em bovinos de corte** revisa os principais protocolos hormonais empregados na inseminação artificial em tempo fixo (IATF). São discutidos os fundamentos fisiológicos, as associações hormonais, os índices reprodutivos obtidos e os fatores que influenciam a eficiência dos programas reprodutivos na pecuária de corte.

No **Capítulo 7 – Impacto das principais micotoxinas na saúde e desempenho de suínos: uma revisão de literatura**, é apresentada uma análise dos efeitos das micotoxinas mais

relevantes na suinocultura. O capítulo aborda as fontes de contaminação, os mecanismos de toxicidade, os prejuízos produtivos e sanitários, bem como estratégias de prevenção e controle, destacando a importância da segurança alimentar animal.

O **Capítulo 8 – Indução de puberdade em novilhas de corte** discute estratégias nutricionais, hormonais e de manejo utilizadas para antecipar a puberdade em fêmeas bovinas de corte. A revisão enfatiza os benefícios produtivos e reprodutivos dessa prática, bem como os fatores que interferem no sucesso dos programas de indução de puberdade.

Por fim, o **Capítulo 9 – Controle populacional em cães e gatos e as evidências sobre esterilização precoce: revisão de literatura** aborda o controle populacional de animais de companhia sob a perspectiva científica e da saúde pública. O texto analisa evidências relacionadas à esterilização precoce, seus efeitos sobre a saúde e o comportamento dos animais, além de discutir implicações éticas, sanitárias e sociais dessa prática.

De forma integrada, os capítulos que compõem esta obra evidenciam a diversidade temática e a robustez científica da produção acadêmica dos egressos da UNIFIMES, reafirmando o papel da graduação como espaço legítimo de produção e difusão do conhecimento científico em Medicina Veterinária.

Sumário

PRINCIPAIS CAUSAS INFECCIOSAS DE CONDENÇÃO TOTAL DE CARCAÇAS EM BOVINOS DURANTE A INSPEÇÃO ANTE-MORTEM E POST-MORTEM-----	8
Adriely Oliveira Fonseca Eric Mateus Nascimento de Paula	
MELHORAMENTO GENÉTICO EM BOVINO DE CORTE NO BRASIL-----	22
Gabriel Guimarães Oliveira Mirian Lima Fernandes	
ABORDAGEM COMPARATIVA DE PROTOCOLOS DE TRATAMENTO DA DIROFILARIOSE CANINA: UMA REVISÃO DE LITERATURA-----	34
Virginia Oliveira Zarth Lucas de Souza Quevedo Eric Mateus Nascimento de Paula	
SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DE <i>RICKETTSIAS SP.</i> DO GRUPO FEBRE MACULOSA EM HUMANOS E PEQUENOS MAMÍFEROS NO BRASIL-----	44
Nicolas Jalowitzki de Lima Raquel Loren dos Reis Paludo	
CONTROLE DE <i>RHIPICEPHALUS MICROPLUS</i> NO BRASIL: OS DESAFIOS PERANTE A RESISTÊNCIA AOS CARRAPATICIDAS-----	59
Biana Santos Vasconcelos José Tiago das Neves Neto	
DIFERENTES COMBINAÇÕES HORMONAIS UTILIZADAS NA IATF EM BOVINOS DE CORTE-----	75
Andressa Gonçalves Rodrigues Priscila Chediek Dall'Acqua	
IMPACTO DAS PRINCIPAIS MICOTOXINAS NA SAÚDE E DESEMPENHO DE SUÍNOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA-----	89
Paola Pilonetto Pereira Eric Mateus Nascimento de Paula Izabella Ferreira Queiroz	
INDUÇÃO DE PUBERDADE EM NOVILHAS DE CORTE-----	101
Demilson Serafim Vilela Priscila Chediek Dall'Acqua	
CONTROLE POPULACIONAL EM CÃES E GATOS E AS EVIDÊNCIAS SOBRE ESTERILIZAÇÃO PRECOCE: REVISÃO DE LITERATURA-----	110
Érica de Jesus Frades Lianna Ghisi Gomes Priscila Chediek Dall'Acqua Eric Mateus Nascimento de Paula Andressa de Cássia Martini	

Capítulo 1

PRINCIPAIS CAUSAS INFECCIOSAS DE CONDENAÇÃO TOTAL DE CARÇAÇAS EM BOVINOS DURANTE A INSPEÇÃO *ANTE-MORTEM* E *POST-MORTEM*

Main infectious causes of total carcass condemnation in cattle during Ante-mortem and Post-mortem inspection

Adriely Oliveira Fonseca

Egressa do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Eric Mateus Nascimento de Paula

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: A bovinocultura desempenha um papel fundamental na economia e na segurança alimentar, e o Brasil se destaca como um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina do mundo. Diante do aumento da demanda por alimentos de origem animal, a manutenção da qualidade sanitária dos produtos depende diretamente das inspeções *Ante-mortem* e *Post-mortem*, etapas essenciais para identificar doenças infecciosas que representam riscos à saúde pública e prejuízos econômicos. Este estudo teve como objetivo identificar as principais enfermidades infecciosas responsáveis pela condenação total de carcaças bovinas. A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e exploratória, baseada em uma revisão bibliográfica de artigos científicos, trabalhos acadêmicos e documentos oficiais publicados que estão disponíveis em bases como SciELO, PubMed e Google Acadêmico. Os resultados demonstraram que a brucelose, a tuberculose, o carbúnculo hemático e a febre aftosa são as principais causas de condenação, devido ao seu alto potencial zoonótico, à gravidade dos quadros clínicos e ao risco de disseminação. Conclui-se que essas doenças provocam expressivas perdas produtivas e impõem barreiras ao comércio internacional, o que evidencia a importância crucial do médico-veterinário e do cumprimento rigoroso das normas de inspeção sanitária como garantias de segurança alimentar e sustentabilidade para a pecuária nacional.

Palavras-chave: Alimento seguro. Comércio internacional. Prejuízos econômicos. Saúde Pública. Zoonoses.

Abstract: Cattle farming plays a fundamental role in the economy and food security, and Brazil stands out as one of the world's largest producers and exporters of beef. In view of the growing demand for animal-derived foods, maintaining the sanitary quality of products directly depends on *Ante-mortem* and *Post-mortem* inspections, essential stages for identifying infectious diseases that pose risks to public health and cause economic losses. This study aimed to identify the main infectious diseases responsible for the total condemnation of bovine carcasses. The research adopted a qualitative and exploratory approach, based on a literature review of scientific articles, academic papers, and official documents available in databases such as SciELO, PubMed, and Google Scholar. The results showed that brucellosis, tuberculosis, anthrax, and foot-and-mouth disease are the main causes of condemnation, due to their high zoonotic potential, the severity of clinical conditions, and the risk of dissemination. It is concluded that these diseases cause significant productive losses and impose barriers to international trade, highlighting the crucial role of veterinarians and the strict enforcement of sanitary inspection regulations as guarantees of food safety and sustainability for the national livestock industry.

Keywords: Safe food. International trade. Economic losses. Public Health. Zoonosis.

INTRODUÇÃO

O setor de bovinocultura constitui um pilar fundamental da economia global e, em particular, do Brasil, país que detém o segundo maior rebanho mundial e é o principal exportador de carne bovina, responsável por aproximadamente 20% do comércio global (Ermgassen, 2020). A

pecuária brasileira tem se destacado graças a uma combinação de fatores, como sua grande extensão territorial, um clima que favorece a criação de animais, o uso tradicional das pastagens como base alimentar do rebanho e, mais recentemente, a incorporação de tecnologias modernas em todas as etapas da produção. Esses elementos têm sido essenciais para elevar a produtividade, melhorar a qualidade da carne e tornar o setor mais competitivo no mercado global (Santos, 2023).

Com a crescente demanda internacional por produtos de origem animal, garantir a qualidade sanitária e a rastreabilidade é essencial para a segurança alimentar. A rastreabilidade consiste em acompanhar o histórico do produto desde a origem até o consumo final, permitindo verificar sua procedência, o caminho percorrido e sua localização, corrigindo, assim, falhas e otimizando a produção. Por meio da rastreabilidade, é possível acompanhar toda a cadeia produtiva, desde a produção até o consumo final (Ribeiro, 2020).

Nesse aspecto, a inspeção veterinária oficial, realizada nas etapas *Ante-mortem* e *Post-mortem* no frigorífico, é a ferramenta normativa essencial para prevenir a ocorrência de Doenças Transmissíveis por Alimentos (DTA) e controlar a disseminação de agentes zoonóticos de interesse sanitário e econômico (Christiano, 2021).

De acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), a condenação total das carcaças impede o consumo do produto devido ao risco à saúde. Ou seja, trata-se de um produto que apresentou alguma anomalia ou contaminação que o torna impróprio para o consumo humano. Por outro lado, a condenação parcial da carcaça ocorre quando apenas algumas partes são impróprias, por apresentarem lesões patológicas que não comprometem o todo; nesse caso, uma vez retiradas as partes afetadas, o restante pode ser consumido. A condenação total da carcaça resulta em significativos prejuízos econômicos, pois a perda integral do produto impossibilita sua comercialização, levando, conseqüentemente, à anulação do lucro (Rodrigues, 2022).

Dentre as principais enfermidades de relevância para a saúde animal e pública, destacam-se a tuberculose, a brucelose, a febre aftosa e o carbúnculo hemático. O consumo de carne bovina ou o contato com produtos contaminados pode transmitir doenças graves aos seres humanos. Dentre as enfermidades de relevância, a tuberculose pode ser contraída pela ingestão de carne de animais infectados, especialmente proveniente de abates clandestinos ou sem inspeção sanitária adequada. Em humanos, os sintomas incluem tosse prolongada, febre vespertina, suores noturnos e emagrecimento (Ribeiro, 2024; Couto, 2021). A brucelose representa outro risco significativo, podendo ser transmitida pelo contato com carnes cruas ou malcozidas. Esta doença é de difícil diagnóstico em humanos, pois provoca sintomas inespecíficos como febre intermitente, sudorese intensa, calafrios, dores musculares e articulares, e cansaço extremo (Coletta, 2023).

Além dessas, o carbúnculo hemático (antraz) é uma zoonose grave que afeta principalmente bovinos. A bactéria, altamente patogênica e resistente, pode ser transmitida aos humanos pelo contato com animais infectados ou seus produtos, incluindo a carne, representando um risco de infecção sistêmica e de rápida evolução (Silva, 2022). Muito embora a febre aftosa não seja transmitida ao ser humano pelo consumo de carne, seu alto impacto econômico e o potencial de levar à condenação total, conforme as diretrizes sanitárias, também a inserem no cenário de interesse (Passos, 2023).

A inspeção sanitária exerce um papel fundamental não apenas na garantia da saúde pública e na segurança dos alimentos, mas também na manutenção da qualidade da carne e na sustentabilidade econômica da pecuária. Ao longo do processo de abate, a identificação de carcaças

impróprias para o consumo é uma etapa crucial, especialmente quando essas condenações estão ligadas a infecções que comprometem completamente o produto. Diante disso, este trabalho tem como objetivo discorrer sobre as principais doenças infecciosas detectadas nas fases de inspeção *Ante-mortem* e *Post-mortem* que levam à condenação total de carcaças bovinas, com foco nos impactos sanitários e econômicos que essas ocorrências representam para o setor.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo qualitativo e exploratório, por meio de revisão bibliográfica. A pesquisa foi conduzida mediante a utilização de fontes de dados secundárias de alto rigor científico. As bases de dados consultadas foram: *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), U.S. National Library of Medicine (PubMed/MEDLINE) e Google Acadêmico. Como a estratégia de busca foi estruturada utilizando a combinação de Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e termos-chave, conectados por operadores booleanos (AND, OR), visando otimizar a recuperação de literatura pertinente.

Os termos empregados foram: em português “condenação total” ou “inspeção sanitária” “carcaças bovinas” ou “bovinos”; “doenças infecciosas” e “zoonoses” e, “*Ante-mortem*” e “*Post-mortem*” e em inglês: “total condemnation” OR “sanitary inspection” e “bovine carcasses” ou “cattle” e “infectious diseases” ou “zoonoses” e, “*Ante-mortem*” ou “*Post-mortem*”.

Os critérios de inclusão abrangeram trabalhos publicados em português e inglês, incluindo artigos, dissertações e teses. A seleção das fontes foi guiada pela relevância e atualidade, priorizando estudos recentes e revisões de literatura que abordassem as infecções bovinas, como brucelose, tuberculose, carbúnculo hemático e febre aftosa, que frequentemente resultam em condenação de carcaças. Por sua vez, os critérios de exclusão contemplaram: artigos duplicados entre as bases de dados; trabalhos publicados fora do período de análise (2015 a 2025); estudos sem relação direta com a temática de inspeção de carcaças bovinas; e materiais de caráter opinativo, como blogs ou notícias sem revisão por pares.

A análise dos dados foi realizada por meio da organização e interpretação sistemática das informações coletadas. A pesquisa buscou identificar padrões nos estudos existentes, destacando os métodos de inspeção mais eficazes e apontando possíveis lacunas no diagnóstico e no processo de inspeção.

REVISÃO DE LITERATURA

Inspeção *Ante-mortem* e *Post-mortem*

A garantia da inocuidade dos produtos cárneos é o principal objetivo da Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de origem animal, sendo uma medida fundamental para a saúde pública e para a manutenção da qualidade higiênico-sanitária e tecnológica dos alimentos. A inspeção *Ante-mortem* de animais destinados à produção de alimentos é essencial para assegurar que o consumidor receba um produto inócuo, desde a criação até sua chegada ao mercado. Para garantir a qualidade higiênica, sanitária e tecnológica dos produtos de origem animal, é fundamental que haja inspeção e fiscalização cuidadosa em todas as etapas da cadeia produtiva (Christiano, 2021).

A inspeção *Ante-mortem* versa sobre o exame obrigatório de todos os animais destinados

ao abate, realizado por um Médico Veterinário oficial do Serviço de Inspeção, conforme preconiza o Art. 90 do Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIIS-POA), estabelecido pelo Decreto nº 10.419/2020 (Brasil, 2020a).

Durante a inspeção *Ante-mortem*, caso sejam identificados animais suspeitos de zoonoses ou enfermidades infectocontagiosas, ou que apresentem reação positiva ou inconclusiva em testes diagnósticos, o abate deve ser realizado em separado, adotando-se as medidas profiláticas cabíveis. A inspeção, realizada pelo Médico Veterinário, ocorre durante o período de descanso e dieta hídrica dos animais ao chegarem ao frigorífico. Esse descanso é fundamental para que se recuperem do estresse do transporte (Araújo, 2017).

A Inspeção *Post-mortem* (IPM) consiste na fase subsequente e complementar, realizada diretamente nas carcaças e vísceras dos animais já abatidos. Esta etapa tem por objetivo identificar e avaliar quaisquer alterações patológicas, lesões ou evidências de contaminação que não tenham sido detectadas ou totalmente elucidadas na fase *Ante-mortem* (Passador Filho, 2025).

No Brasil, o controle da qualidade dos produtos de origem animal é realizado por três tipos de serviços de inspeção, cada qual com sua abrangência: o Serviço de Inspeção Federal (SIF), de abrangência nacional; o Serviço de Inspeção Estadual (SIE), que atua nos limites de cada estado; e o Serviço de Inspeção Municipal (SIM), com competência restrita ao município. O SIF, especificamente, é o órgão responsável pela inspeção e fiscalização dos estabelecimentos registrados, acompanhando todas as etapas do processo produtivo, desde o recebimento dos animais para o abate até a distribuição dos produtos (Domingos, 2024).

A principal base legal que orienta a inspeção post mortem no Brasil é estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio do Decreto nº 10.419/2020, conhecido como RIISPOA (Brasil, 2020a). Sobre essas etapas, segue o que é descrito na norma:

Art. 85. O recebimento de animais para abate em qualquer dependência do estabelecimento deve ser feito com prévio conhecimento do SIF.” (NR) (ALTERADO PELO DECRETO 10.468/2020). Art. 86. Por ocasião do recebimento e do desembarque dos animais, o estabelecimento deve verificar os documentos de trânsito previstos em normas específicas, com vistas a assegurar a procedência dos animais. Parágrafo único. É vedado o abate de animais desacompanhados de documentos de trânsito. Art. 87. Os animais, respeitadas as particularidades de cada espécie, devem ser desembarcados e alojados em instalações apropriadas e exclusivas, onde aguardarão avaliação pelo SIF. Art. 90. É obrigatória a realização do exame ante mortem dos animais destinados ao abate por servidor competente do SIF. Art. 91. Na inspeção ante mortem, quando forem identificados animais suspeitos de zoonoses ou enfermidades infectocontagiosas, ou animais que apresentem reação inconclusiva ou positiva em testes diagnósticos para essas enfermidades, o abate deve ser realizado em separado dos demais animais, adotadas as medidas profiláticas cabíveis (Brasil, 2020a, Seção I, p. 24).

Art. 126. A inspeção post mortem consiste no exame da carcaça, das partes da carcaça, das cavidades, dos órgãos, dos tecidos e dos linfonodos, realizado por visualização, palpação, olfação e incisão, quando necessário, e demais procedimentos definidos em normas complementares específicas para cada espécie animal. Art. 127. Todos os órgãos e as partes das carcaças devem ser examinados na dependência de abate, imediatamente depois de removidos das carcaças, assegurada sempre a correspondência entre eles. Art. 128. As carcaças, as partes das carcaças e os órgãos que apresentem lesões ou anormalidades que não tenham implicações para a carcaça e para os demais órgãos podem ser condenados ou liberados nas linhas de inspeção, observado o disposto em normas complementares. Art. 129. Toda carcaça, partes das carcaças e dos órgãos, examinados nas linhas de inspeção, que apresentem lesões ou anormalidades que possam ter implicações para a carcaça e para os demais órgãos devem ser desviados para o Departamento de Inspeção Final

para que sejam examinados, julgados e tenham a devida destinação (Brasil, 2020a, Seção III, p. 29).

Principais Doenças Infecciosas Responsáveis por Condenação

Para melhor discernimento o Quadro 1, demonstra as principais doenças infecciosas mencionadas nesta revisão de literatura, destacando o agente etiológico, o risco primário e a determinação de condenação total conforme a legislação e a prática sanitária brasileira, baseada no Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA).

Quadro 1: Principais doenças infecciosas baseada RIISPOA

DOENÇAS INFECCIOSA	AGENTE ETIOLÓGICO	RISCO PRIMÁRIO	CRITÉRIO DE CONDENAÇÃO (RIISPOA)	REFERÊNCIAS
TUBERCULOSE BOVINA	<i>MYCOBACTERIUM BOVIS</i>	ZOONOSE (SAÚDE PÚBLICA)	GENERALIZAÇÃO DAS LESÕES: COMPROMETIMENTO EM ÓRGÃOS DE 2 OU MAIS CAVIDADES ORGÂNICAS (TORÁCICA, ABDOMINAL OU PÉLVICA) OU PRESENÇA DE CAQUEXIA (EMAGRECIMENTO EXTREMO) (BRASIL, 2020A).	(BRASIL, 2020A; COUTO, 2021; RIBEIRO, 2024)
BRUCELOSE BOVINA	<i>BRUCELLA ABORTUS</i>	ZOONOSE (SAÚDE PÚBLICA)	PRESENÇA DE LESÕES COMPATÍVEIS COM INFECÇÃO SISTÊMICA GRAVE (ARTRITE, HIGROMAS EXTENSOS, CAQUEXIA) QUE TORNEM A CARNE IMPRÓPRIA. ANIMAIS REAGENTES POSITIVOS SÃO ABATIDOS EM SEPARADO (BRASIL, 2020A).	(BRASIL, 2020A; COLETTA, 2023; PASSADOR FILHO, 2025)
CARBÚNCULO HEMÁTICO (ANTRAZ)	<i>BACILLUS ANTHRACIS</i>	ZOONOSE (SAÚDE PÚBLICA E ALTA PATOGENICIDADE)	DIAGNÓSTICO POSITIVO DA DOENÇA, DEVIDO À SUA NATUREZA SEPTICÊMICA E ALTAMENTE CONTAGIOSA. IMPÕE DESTRUIÇÃO IMEDIATA DA CARÇAÇA E DE TODAS AS PARTES, ALÉM DA DESINFECÇÃO RIGOROSA (BRASIL, 2020A).	(BRASIL, 2020A; SILVA, 2022)
FEBRE AFTOSA	<i>PICORNAVIRUS</i> (VÍRUS)	ALTO IMPACTO ECONÔMICO E SANITÁRIO	DETECÇÃO EM ANIMAIS COM FEBRE, LESÕES GRAVES E CAQUEXIA (EMACIAÇÃO ACENTUADA), CARACTERIZANDO UMA DOENÇA SISTÊMICA QUE COMPROMETE A CARÇAÇA E EXIGE CONTROLE SANITÁRIO RIGOROSO (BRASIL, 2020A).	(BRASIL, 2020A; PASSOS, 2023)

Fonte: Adaptada de: Brasil (2020a); Couto (2021); Silva (2022); Coletta (2023); Passos Filho (2023); Ribeiro (2024).

Em análise, as causas infecciosas de condenação total são predominantemente doenças de risco zoonótico ou com impacto sistêmico/epidemiológico grave, exigindo a eliminação completa do produto para garantir a segurança alimentar e a saúde pública:

Brucelose bovina

A brucelose é uma enfermidade causada por bactérias do gênero *Brucella*, responsáveis por infectar diversas espécies de mamíferos domésticos e silvestres, incluindo o ser humano. Em bovinos, a doença é especificamente causada pela *Brucella abortus*. O agente etiológico é uma bactéria gram-negativa, classificada no filo Proteobacteria, classe Alphaproteobacteria, ordem Rhizobiales e família *Brucellaceae*. Essas bactérias podem permanecer viáveis fora do hospedeiro por várias semanas em solo úmido, água, esterco e materiais orgânicos contaminados. No entanto, são sensíveis à luz solar direta, ao calor e a desinfetantes comuns. Elas sobrevivem em temperaturas frias, o que facilita sua persistência em alimentos como leite cru e queijos (Mathias, 2016).

Quatro espécies de *Brucella* estão mais frequentemente associadas a infecções em humanos: *B. melitensis*, *B. abortus*, *B. suis* e *B. canis*. O principal agente da brucelose humana é a *B. melitensis*, devido à sua maior patogenicidade. A bactéria é destruída pela pasteurização, e sua persistência em queijos não pasteurizados depende do tipo de fermentação e do tempo de maturação. A *B. abortus* tem distribuição mundial (Mathias, 2016).

A brucelose envolve prejuízos na produção animal, como consequência de abortos, nascimento de bezerros fracos, redução da fertilidade dos rebanhos e, principalmente, queda na produção de carne (Moreira, 2024). Em fêmeas, os sinais clínicos incluem abortamento, corrimento vaginal, artrite, fraqueza, emagrecimento, febre, retenção de placenta, mastite e apatia. Em touros, pode ocorrer orquite e epididimite (Mathias, 2016).

Considerada uma das zoonoses mais relevantes no cenário global, essa enfermidade afeta anualmente cerca de 500 mil pessoas, sendo o consumo de alimentos contaminados, como carne, leite e derivados, sua principal via de infecção. Além dos impactos diretos sobre a saúde animal e humana, a enfermidade representa uma ameaça econômica significativa, sobretudo em países com forte vocação exportadora de produtos de origem animal, como o Brasil. Do ponto de vista da saúde pública, a brucelose representa um risco não apenas para consumidores, mas especialmente para profissionais que mantêm contato direto com animais ou seus fluidos, como pecuaristas, veterinários, açougueiros e trabalhadores de abatedouros (Trajano, 2025).

A transmissão entre bovinos ocorre quando um animal sadio entra em contato com um infectado. As vias comuns incluem a contaminação de água e alimento e a inalação de aerossóis em ambientes fechados, onde a concentração da bactéria no ar é maior. O hábito de lambeir as membranas fetais, os fetos abortados e os bezerros recém-nascidos também contribui significativamente para a propagação da doença. Surto de abortamento podem resultar da transmissão por inseminação artificial com sêmen contaminado (Mathias, 2016).

A presença da brucelose no rebanho acarreta perdas produtivas significativas, comprometendo a produtividade e gerando grandes prejuízos econômicos. Esses impactos negativos decorrem da redução na taxa reprodutiva e dos custos associados ao diagnóstico e ao controle da enfermidade, além das condenações no frigorífico (Schumacker, 2025).

Art. 138. As carcaças e os órgãos de animais com sorologia positiva para brucelose devem ser condenados, quando estes estiverem em estado febril no exame ante mortem. Os animais reagentes positivos a testes diagnósticos para brucelose devem ser abatidos separadamente. (ALTERADO PELO DECRETO 10.468/2020. 3º As carcaças dos bovinos e dos equinos, reagentes positivos ou não reagentes a testes diagnósticos para brucelose, que apresentem lesão localizada, podem ser liberadas para consumo em natureza, depois de removidas e condenadas as áreas atingidas. § 4º Os animais reagentes positivos

a testes diagnósticos para brucelose, na ausência de lesões indicativas, podem ter suas carcaças liberadas para consumo em natureza (Brasil, 2020a, p. 31).

Para combater essa doença, a vacinação é uma estratégia essencial, devendo ser realizada exclusivamente por médicos veterinários ou profissionais treinados e capacitados. A vacina B19 deve ser aplicada em bezerras com idade entre 3 e 8 meses. Além da vacinação, o controle rigoroso do trânsito de animais reprodutores é fundamental para evitar a propagação da brucelose entre os rebanhos. É igualmente importante adotar medidas rigorosas de higiene e biossegurança, como o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) durante a manipulação de fetos ou material abortivo (Moreira, 2024).

Tuberculose bovina

A tuberculose bovina é uma doença infectocontagiosa causada pela bactéria *Mycobacterium bovis*, afetando principalmente bovinos, mas também bubalinos, caprinos, suínos e os seres humanos. Trata-se de uma zoonose grave, transmitida pela inalação de aerossóis e gotículas de secreções do aparelho respiratório, pelo contato direto com animais infectados ou indiretamente por meio de objetos contaminados. O agente resiste por 30 dias em carcaças enterradas, por até 10 meses em carcaças abandonadas em pastagens, por 400 dias em água corrente e por um ano em água parada. É importante ressaltar que o *M. bovis* é sensível à pasteurização (Franco, 2016).

A transmissão para humanos ocorre pela ingestão de leite cru e derivados contaminados, pelo contato direto com animais e suas secreções, e pelo consumo de carne contaminada, principalmente em abates clandestinos, onde a contaminação cruzada por utensílios de manipulação é um fator de risco adicional (Franco, 2016).

Essa enfermidade evolui de forma crônica e manifesta-se com o surgimento de lesões nodulares granulomatosas. Embora possa afetar diversos tecidos e órgãos, sua localização primária é o sistema respiratório, com maior incidência nos linfonodos retrofaríngeos, brônquicos e mediastinais. Em alguns casos, a doença também pode comprometer o peritônio, a pleura, o baço, o fígado e os intestinos (Santos, 2024).

A alta patogenicidade do agente permite que a infecção se inicie pelas vias aérea ou digestiva. A bactéria aloja-se nos macrófagos, células de defesa do organismo, onde sobrevive e se multiplica. Posteriormente, o hospedeiro tenta conter a infecção, formando granulomas, estruturas que isolam a bactéria para impedir sua disseminação e que são características da tuberculose (Franco, 2016).

Os sinais clínicos em bovinos incluem emagrecimento progressivo, tosse seca e crônica, dificuldade respiratória, aumento de linfonodos superficiais, queda na produção de leite e febre baixa e intermitente. Nas lesões macroscópicas, observam-se os granulomas, já mencionados, no rúmen, parênquima pulmonar e traqueia (Franco, 2016). As carcaças de animais portadores de com tuberculose devem ser condenadas quando:

I - no exame ante mortem o animal esteja febril; II - sejam acompanhadas de caquexia; III - apresentem lesões tuberculósicas nos músculos, nos ossos, nas articulações ou nos linfonodos que drenam a linfa destas partes; 36 IV - apresentem lesões caseosas concomitantes em órgãos ou serosas do tórax e do abdômen; V - apresentem lesões miliares ou perláceas de parênquimas ou serosas; VI - apresentem lesões múltiplas, agudas e ativamente progressivas, identificadas pela inflamação aguda nas proximidades das lesões, necrose de liquefação ou presença de tubérculos jovens; VII - apresentem linfonodos hipertrofiados, edemaciados, com caseificação de aspecto raiado ou estrelado em mais

de um local de eleição; ou VIII - existam lesões caseosas ou calcificadas generalizadas, e sempre que houver evidência de entrada do bacilo na circulação sistêmica. § 1º As lesões de tuberculose são consideradas generalizadas quando, além das lesões dos aparelhos respiratório, digestório e de seus linfonodos correspondentes, forem encontrados tubérculos numerosos distribuídos em ambos os pulmões ou encontradas lesões no baço, nos rins, no útero, no ovário, nos testículos, nas cápsulas suprarrenais, no cérebro e na medula espinhal ou nas suas membranas. § 2º Depois de removidas e condenadas as áreas atingidas, as carcaças podem ser destinadas à esterilização pelo calor quando: I - os órgãos apresentem lesões caseosas discretas, localizadas ou encapsuladas, limitadas a linfonodos do mesmo órgão; II - os linfonodos da carcaça ou da cabeça apresentem lesões caseosas discretas, localizadas ou encapsuladas; e III - existam lesões concomitantes em linfonodos e em órgãos pertencentes à mesma cavidade. § 3º Carcaças de animais reagentes positivos a teste de diagnóstico para tuberculose devem ser destinadas à esterilização pelo calor, desde que não se enquadrem nas condições previstas nos incisos I a VIII do caput. § 4º A carcaça que apresente apenas uma lesão tuberculósica discreta, localizada e completamente calcificada em um único órgão ou linfonodo pode ser liberada, depois de condenadas as áreas atingidas. § 5º As partes das carcaças e os órgãos que se contaminarem com material tuberculoso, por contato acidental de qualquer natureza, devem ser condenados (Brasil, 2020, p. 35).

Embora seja uma doença antiga, tratável e curável, a tuberculose (TB) continua sendo, mesmo no século XXI, um grande desafio para a saúde pública mundial. Em 2022, cerca de 10,6 milhões de pessoas adoeceram com TB, e aproximadamente 1,3 milhão morreram em decorrência da doença. Nos anos de 2020 e 2021, observou-se uma queda no número de diagnósticos, acompanhada por um aumento preocupante no número de mortes, um reflexo dos impactos da pandemia de COVID-19 (Moraes, 2024).

Em países da América do Sul, incluindo o Brasil, a taxa de prevalência é considerada baixa, mas a doença ainda exige atenção constante. É fundamental que estratégias de vigilância sejam adotadas com foco na identificação precoce e no manejo adequado dos animais positivos. Além disso, é necessário investir em ações de educação sanitária para produtores rurais, promovendo a conscientização sobre a importância do diagnóstico laboratorial, tanto para os animais do rebanho quanto para aqueles recém-adquiridos, antes de sua introdução nas propriedades (Silva, 2021).

A tuberculose bovina resulta em grandes prejuízos econômicos para a pecuária, devido à queda na produção e à necessidade de sacrificar os animais positivos. No cenário internacional, a identificação da doença em um rebanho ou região compromete a confiança sanitária, podendo levar à suspensão ou à limitação das exportações de carne e de animais vivos, o que afeta diretamente o comércio com outros países (Franco, 2016).

Carbúnculo hemático

O carbúnculo hemático é uma doença infectocontagiosa que acomete tanto animais quanto humanos, causada pela bactéria *Bacillus anthracis*. Este agente pertence à família Bacillaceae. A enfermidade é caracterizada por morte hiperaguda ou aguda, com sinais de edema, pústulas cutâneas, eliminação de sangue por cavidades naturais e dispneia. Os surtos frequentemente estão relacionados à formação de esporos a partir de carcaças de animais que morreram da doença e permaneceram no ambiente (Paes, 2016).

A distribuição da doença é mundial, embora seja endêmica em certas regiões com condições climáticas favoráveis. Os surtos são mais comuns em países tropicais e subtropicais do que naqueles de clima temperado ou frio. No Brasil, foi notificada pela primeira vez na década de 1940, na região sul e oeste do Rio Grande do Sul, e nos anos seguintes foi descrita em Santa Catarina,

Minas Gerais e Rio de Janeiro (Paes, 2016; Silva, 2016).

É essencial destacar que o carbúnculo hemático é uma doença de notificação compulsória. Isso significa que qualquer caso suspeito ou confirmado deve ser imediatamente comunicado às autoridades sanitárias. Essa medida é fundamental para que sejam adotadas ações de prevenção e controle, evitando a propagação da doença (Dendevitz, 2022).

As fontes de infecção são os animais doentes, que eliminam o microrganismo por meio de secreções, excreções e leite, contaminando o ambiente. A transmissão ocorre pela ingestão de pastos e água contaminados ou pelo contato direto com esses materiais infecciosos. O *B. anthracis* é altamente patogênico, com grande capacidade de causar a doença e levar o animal à morte rapidamente. A transmissão para humanos ocorre pela ingestão de água, carne e outros produtos de origem animal contaminados, além da contaminação de feridas (Paes, 2016).

Os achados macroscópicos incluem uma elevação significativa da temperatura corporal (acima de 45°C) até 30 minutos antes da morte e a eliminação de secreção hemorrágica não coagulável pelas narinas, vulva, boca e ânus nos bovinos. O rigor mortis pode estar ausente, e a carcaça entra em decomposição rapidamente, entre 30 e 45 minutos após a morte. A realização de necropsia no campo não é indicada devido ao alto risco de contaminação ambiental e à exposição das pessoas envolvidas (Paes, 2016). São situações que ocorrem a condenação total da carcaça, segundo o RIISPOA:

Art. 140. As carcaças de animais acometidos de carbúnculo hemático devem ser condenadas, incluídos peles, chifres, cascos, pelos, órgãos, conteúdo intestinal, sangue e gordura, impondo-se a imediata execução das seguintes medidas: I - não podem ser evisceradas as carcaças de animais com suspeita de carbúnculo hemático; II - quando o reconhecimento ocorrer depois da evisceração, impõe-se imediatamente a desinfecção de todos os locais que possam ter tido contato com resíduos do animal, tais como áreas de sangria, pisos, paredes, plataformas, facas, serras, ganchos, equipamentos em geral, uniformes dos funcionários e qualquer outro material que possa ter sido contaminado; III - uma vez constatada a presença de carbúnculo, o abate deve ser interrompido e a desinfecção deve ser iniciada imediatamente; IV - recomenda-se, para desinfecção, o emprego de solução de hidróxido de sódio a 5% (cinco por cento), hipoclorito de sódio a 1% (um por cento) ou outro produto com eficácia comprovada; V - devem ser tomadas as precauções necessárias em relação aos funcionários que entraram em contato com o material carbunculoso, aplicando-se as regras de higiene e antissepsia pessoal com produtos de eficácia comprovada, devendo ser encaminhados ao serviço médico como medida de precaução; VI - todas as carcaças, as partes das carcaças, inclusive pele, cascos, chifres, órgãos e seu conteúdo que entrem em contato com animais ou material infeccioso devem ser condenados; e VII - a água do tanque de escaldagem de suínos por onde tenha passado animal carbunculoso deve ser desinfetada e imediatamente removida para a rede de efluentes industriais (Brasil, 2020a, p. 32).

O carbúnculo hemático representa uma ameaça séria para a pecuária, começando pela morte repentina dos animais, o que acarreta perdas diretas na produção de carne e outros produtos de origem animal. Além disso, os produtores enfrentam altos custos com medidas de controle, como vacinação emergencial, restrições sanitárias e o manejo seguro das carcaças para evitar a contaminação do ambiente. Leva à suspensão de exportações, à desvalorização dos produtos agropecuários e à necessidade de investimentos extras em saúde pública e vigilância sanitária para evitar maiores consequências (Paes, 2016).

Febre aftosa

A Febre Aftosa (FA) é uma doença infectocontagiosa viral que afeta animais domésticos e selvagens biungulados, como bovinos, ovinos, caprinos, suínos e búfalos. O Vírus da Febre Aftosa (VFA) é classificado na família Picornaviridae, gênero Aphthovirus, e possui sete sorotipos imunologicamente distintos. Sua sobrevivência em produtos de origem animal também é preocupante, podendo permanecer viável por semanas em carne refrigerada ou congelada, bem como em leite cru, ossos e seus derivados (Araújo Junior, 2016).

No Brasil, a FA foi registrada pela primeira vez em 1895, após a Argentina e o Uruguai já terem notificado casos da doença. Sua introdução no país ocorreu principalmente pela importação de reprodutores bovinos de raças europeias (Muniz, 2023). Presente em várias regiões do mundo, essa enfermidade é considerada uma das mais relevantes para a saúde animal. Seus impactos vão além do campo veterinário, pois as perdas econômicas são significativas, já que muitos países impõem restrições comerciais locais onde há registros da doença. Isso interfere diretamente no comércio de animais e seus derivados, tanto no mercado interno quanto nas exportações (Santos, 2023).

Existem duas formas de transmissão: a direta e a indireta. A transmissão direta ocorre por meio do contato físico entre animais sadios e secreções de animais infectados, como as secreções orais e nasais, saliva, fezes, urina, leite, sêmen e o conteúdo de lesões vesiculares abertas. A transmissão indireta ocorre por meio de fômites, como roupas, calçados, veículos, ferramentas e equipamentos de manejo, bem como pela contaminação de instalações como currais, caminhões de transporte e salas de ordenha. Outras vias indiretas incluem a ingestão de alimentos contaminados e a inalação de aerossóis (Araújo Junior, 2016).

Sob o ponto de vista da defesa sanitária animal na pecuária de corte, a FA é considerada a enfermidade mais impactante. No Brasil, em 1950, foram estabelecidas as primeiras normas oficiais de profilaxia e controle (Araújo Junior, 2016).

O Plano Estratégico do Programa Nacional de Vigilância para a Febre Aftosa (PNEFA) 2017–2026, desenvolvido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), tem como objetivo principal criar e manter condições duradouras para que o Brasil continue livre da febre aftosa. Além disso, busca expandir as áreas reconhecidas como livres da doença sem a necessidade de vacinação, garantindo a proteção do rebanho nacional. A proposta também visa gerar benefícios concretos para produtores, profissionais da cadeia pecuária e para a sociedade como um todo, com ações planejadas até o ano de 2026 (Costa, 2022).

Em saúde pública, a FA é considerada uma zoonose de baixa frequência ou uma zoonose “menor”. Os humanos geralmente são hospedeiros acidentais do vírus, e a maioria não apresenta sinais clínicos evidentes. A transmissão para humanos ocorre geralmente por contato direto com o conteúdo das vesículas ou pela ingestão de leite e carne de animais infectados. O período de incubação varia de 2 a 8 dias (Araújo Junior, 2016).

Na inspeção *Ante-mortem*, os sinais clínicos podem incluir hipertermia de até 40 °C, que persiste por até dois dias, e o desenvolvimento de vesículas na língua, palato duro, gengiva, lábios, tetos, focinho e espaço interdigital. Na inspeção *Post-mortem*, podem ser observadas descarga oral e nasal e úlceras recobertas por pus e material necrótico (Araújo Junior, 2016). A condenação total de carcaças da FA, ocorre segundo a IN 48/2020:

Art. 10. A confirmação de foco de febre aftosa acarreta declaração de estado de emergência zoossanitária pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, de acordo com a legislação específica. Parágrafo único. O trânsito de animais suscetíveis à febre

aftosa e de materiais de risco, na área de emergência zoossanitária estabelecida conforme previsto nos manuais e planos disponibilizados pelo Departamento de Saúde Animal no endereço eletrônico do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, será imediatamente suspenso até que o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento emita regulamentação específica para a região (Brasil, 2020b, p. 3).

De acordo com o MAPA, a FA não admite condenação parcial. Havendo suspeita ou confirmação da doença, a carcaça e todos os seus derivados devem ser totalmente condenados, conforme as normas de vigilância oficial. Essa medida drástica deve-se ao grande potencial de disseminação rápida do vírus entre animais suscetíveis, o que pode levar a prejuízos econômicos expressivos. Tais perdas não se restringem ao sacrifício do rebanho, mas são agravadas pelas severas restrições impostas à exportação de produtos de origem animal por parte dos países importadores (Brasil, 2020a).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos objetivos propostos, este trabalho permitiu compreender as principais causas infecciosas que levam à condenação total de carcaças bovinas durante as inspeções *Ante-mortem* e *Post-mortem*, demonstrando sua relevância para a área de Ciências Agrárias. Ao longo da pesquisa, destacou-se que essas enfermidades impactam diretamente a pecuária, com reflexos significativos nas exportações de carne e, conseqüentemente, na economia do país. Mais do que apenas identificar as doenças responsáveis por essas condenações, este estudo buscou compreender os reflexos mais amplos desses casos, desde as implicações para a saúde pública até os prejuízos econômicos e sociais. A análise demonstrou que a inspeção sanitária vai muito além de uma exigência legal: ela atua como uma verdadeira linha de defesa para garantir a segurança dos alimentos e proteger a imagem da pecuária brasileira no mercado internacional.

A falta de respostas rápidas diante de enfermidades graves, especialmente as de notificação obrigatória, pode desencadear sérias conseqüências, como a interrupção das exportações, a desvalorização dos produtos agropecuários e o aumento dos custos com controle sanitário. Um dos aspectos mais relevantes identificados nesta revisão foi a conexão intrínseca entre diferentes áreas, como saúde animal, vigilância sanitária, segurança alimentar e comércio exterior. Essa abordagem integrada reforça o papel fundamental do médico-veterinário, que vai muito além da inspeção, atuando como um elo essencial entre a produção de alimentos seguros, a preservação da saúde coletiva e o funcionamento sustentável do agronegócio.

Por fim, este estudo não pretende ser conclusivo, mas sim abrir caminhos para futuras investigações. Estimula-se a pesquisa de novas estratégias que possam aperfeiçoar as práticas de inspeção, incorporar tecnologias inovadoras na detecção de doenças e aprofundar a avaliação das políticas públicas ligadas à sanidade animal. O conhecimento gerado aqui contribui não apenas para o avanço da Medicina Veterinária, mas também para a sociedade como um todo, ao fortalecer práticas que garantem o bem-estar animal, alimentos de qualidade e a sustentabilidade econômica do setor.

REFERÊNCIAS

ABREU, Walesson de Araujo. **Abate de bovinos sob inspeção federal**. 2017. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Tocantins,

Araguaína, 2017.

ASSI, J. M.; FRANCHI, A. E.; RIBEIRO, L. F. Tuberculose bovina. **GETEC – Revista de Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 10, n. 30, p. 97–107, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento de inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal (RIISPOA)**. Brasília: MAPA, 2020a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 48, de 14 de julho de 2020: estabelece diretrizes do Programa Nacional de Vigilância para a Febre Aftosa (PNEFA). **Diário Oficial da União**, Brasília, ano 158, n. 133, p. 3–4, jul. 2020b.

CHRISTIANO, Gisele Carnevale; REHFELD, Izabelle. A importância das inspeções antemortem e postmortem na saúde pública. In: **Anais do II Web Congresso Mineiro de Medicina Veterinária: COMVET e IV Jornada Acadêmica de Medicina Veterinária (JAVET)**, 2021. Conselheiro Lafaiete, MG: UNIPAC, 2021.

COLETTA, Olavo Locatelli Della. **Brucelose bovina e sua relação com a saúde humana: revisão bibliográfica**. 2023. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2023.

COUTO, Bárbara Vanelli Rocha. **Achados macroscópicos de tuberculose em abatedouros frigoríficos: revisão sistemática e metanálise**. 2021. 52 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte, 2021.

COSTA, João Marcos Nacif da. **Estudos e modelos epidemiológicos para manutenção e evolução da condição sanitária para febre aftosa**. 2022. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Porto Alegre, 2022.

DENDEVITZ, O. J. **Carbúnculo hemático**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Medicina Veterinária) – Centro Universitário da Serra Gaúcha (FSG), Caxias do Sul, 2022.

DOMINGOS, M. H. S.; FERRAZ DAMAIA, R. F. S. D. **A importância da inspeção e fiscalização realizadas por médicos veterinários nas indústrias frigoríficas bovinas**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária), 2024.

ERMGASSEN, E. K. H. J.; GODAR, J.; LATHUILLIÈRE, M. J.; LÖFGREN, P.; GARDNER, T.; VASCONCELOS, A.; MEYFROIDT, P. The origin, supply chain, and deforestation risk of Brazil's beef exports. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 50, p. 31770–31779, 2020.

ESTIMA-SILVA, Pablo; MOLARINHO, Kayane Rosales; MARCOLONGO-PEREIRA, Clairton; SOARES, Mauro Pereira; SALLIS, Eliza S. V.; LADEIRA, Silvia R. L.; SCHILD, Ana Lucia. Morte súbita em bovinos no Sul do Rio Grande do Sul: epidemiologia e diagnóstico. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 19–23, jan. 2016. DOI: 10.1590/S0100-736X2016000100003.

GARCIA, M. S.; MELO, A. F.; CARVALHO, G. F.; POMIM, G. P.; NEVES, P. M. S.; SILVA, R. A. B.; OLIVEIRA, R. O. Epidemiologia da tuberculose bovina na América do Sul. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, p. e8610917936, 2021.

MACEDO, Isadora; HOMEM, Júlia Soares; CARLOT, Paola Albina. A importância da brucelose bovina na saúde pública: revisão bibliográfica. In: **CONGREGA MIC**, 17., 2021. Anais [...]. Bagé, RS: Urcamp, 2021. p. 7–10.

MEGID, Jane; RIBEIRO, Márcio Garcia; PAES, Antonio Carlos (org.). **Doenças infecciosas em animais de produção e de companhia**. Rio de Janeiro: Roca/GEN, 2016.

- MORAES, L. N. R.; SOUZA, F. M.; POSSUELO, L. G.; SOARES, K. K. S.; MACIEL, E. L. N.; PRADO, T. N. Fatores associados aos desfechos desfavoráveis de tratamento da tuberculose em idosos: uma análise multinomial. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 27, p. e230244, 2024.
- MOREIRA, A. W. P.; FELIPE, A. L. N.; NOGUEIRA, E. L.; FERREIRA, G. S.; PAULINO, H. G.; SOUZA FILHO, K. C.; BARBOSA, L. S.; SILVA, R. C. E. Desafios no controle da brucelose em bovinos. **Revista Encontros Científicos UniVS**, v. 6, n. 2, 2024.
- MUNIZ, J. M. **Febre aftosa: uma atualização**. 2023. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2023.
- PASSADOR FILHO, A. R.; PANICHEK, A. B.; ARAÚJO, A. L.; STUPAK, C. F.; SILVA, E. S.; SILVA, G. A. J. D.; RUIZ, K. S. C.; DAVID, K. L.; GALEB, L. A. G. A medicina veterinária legal na fiscalização de produtos de origem animal: a importância do veterinário na inspeção sanitária, segurança alimentar e combate à fraude em produtos de origem animal. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 8, n. 2, p. e80130, 2025.
- PASSOS, L.; TOLEDO, T.; BALSAMO, R. Implicações na retirada da vacina da febre aftosa no Brasil. In: **REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL**, v. 1, n. 1, 2023.
- POLIZEL NETO, A.; ZANCO, N.; LOLATTO, D. C. J.; MOREIRA, P. S. A.; DROMBOSKI, T. Perdas econômicas ocasionadas por lesões em carcaças de bovinos abatidos em matadouro-frigorífico do norte de Mato Grosso. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 4, p. 324–328, 2015. DOI: 10.1590/S0100-736X2015000400002.
- RIBEIRO, D. M.; NASCIMENTO, V.; SANTOS, J. L.; BARROS, F. F. C.; PINHEIRO, P. F. S.; PINHEIRO, I. S.; RIBEIRO, A. S. M.; KNAIER, S. E. L.; BRASIL NETO, J. F.; SOUZA, F. L.; ALMEIDA, F. E. B.; BRITO, H. D.; SILVA, Y. P.; SANTOS, A. G. dos. Análise epidemiológica da tuberculose no Brasil entre 2020 e 2023. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 5, 2024.
- RIBEIRO, M. C.; RAMOS, A. M.; FERREIRA, V. A.; CUNHA, J. R. da; FANTE, C. A. Tecnologias de rastreabilidade, segurança e controle de resíduos de agrotóxicos na cadeia produtiva de alimentos de origem vegetal: um estudo de revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 12, p. e5291210780, 2020.
- RODRIGUES, Rayane Marques; MARTINS, Thaiany Oliveira; PROCÓPIO, Diego Pierotti. Economic loss from the main causes of whole bovine carcass condemnation in slaughterhouses supervised by the Federal Inspection Service in São Paulo State from 2010 to 2019. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 44, p. e55220, 2022. DOI: 10.4025/actascianimsci.v44i1.55220.
- SANTOS, B. R.; SILVA, A. V. da; FEHLBERG, H. F.; MACIEL, B. M.; FILHO, F. A. Diagnóstico de tuberculose bovina no estado da Bahia, Brasil, pela técnica de PCR multiplex. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, p. 78409E, 2024.
- SANTOS, C. S. M. **Febre aftosa em bovinos: levantamento da cobertura vacinal no município de Nossa Senhora da Glória, Sergipe, entre 2018 e 2022**. 2023. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Sergipe, Nossa Senhora da Glória, 2023.
- SANTOS, Heloisa Oliveira. **Competitividade da carne bovina brasileira no mercado exterior**. 2023.
- SCHUMACKER, Higor Wruck; MENEGUELLI, Mayra. Importância da vacinação de brucelose em bezerras de 3 a 8 meses. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 5, p. e4214548666, 2025.

SILVA, J. N. da. **Carbúnculo hemático**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade de Cuiabá, Cuiabá, 2022.

TEIXEIRA, G. L.; FONSECA, C. W.; PINTO, E. V. Causas de condenação de carcaça e órgãos de bovinos e seu impacto na saúde pública. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 11, p. 4598–4609, 2024.

TRAJANO, R. F. Brucelose bovina no Brasil: desafios e soluções na literatura e o papel dos abatedouros na profilaxia. **Caderno Pedagógico**, v. 22, n. 9, p. e18200, 2025.

Capítulo 2

MELHORAMENTO GENÉTICO EM BOVINO DE CORTE NO BRASIL

Genetic improvement in beef cattle in Brazil

Gabriel Guimarães Oliveira

Egresso do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Mirian Lima Fernandes

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: A pesquisa investigou a importância do melhoramento genético em rebanhos de corte no Brasil, focando nas características que influenciam a produtividade, a qualidade da carne e a resistência a doenças, visando aumentar a competitividade do setor. A revisão bibliográfica abrangeu os últimos 20 anos, com fontes de dados como Google Acadêmico e SciELO, e utilizou palavras-chave relacionadas ao tema. O melhoramento genético é fundamental para melhorar a eficiência produtiva e a qualidade da carne, por meio de técnicas como seleção fenotípica, cruzamento de raças, inseminação artificial, transferência de embriões e uso de tecnologias como seleção genômica, inteligência artificial e big data. Com um rebanho de corte entre os maiores do mundo, o Brasil tem grande potencial para aumentar sua eficiência produtiva por meio do melhoramento genético, contribuindo tanto para o abastecimento do mercado interno quanto para a exportação. Esses avanços visam a produção de rebanhos adaptados ao clima tropical e com maior sustentabilidade, reduzindo impactos ambientais e custos de produção. O sucesso do setor depende de investimentos em infraestrutura, capacitação e políticas públicas de apoio.

Palavras-chave: Cruzamentos. Seleção genética. Inseminação artificial e reprodução

Abstract: This study investigated the importance of genetic improvement in beef cattle herds in Brazil, focusing on traits that influence productivity, meat quality, and disease resistance, with the aim of enhancing the sector's competitiveness. The literature review covered the past 20 years, utilizing data sources such as Google Scholar and SciELO, and employed keywords related to the topic. Genetic improvement is crucial for improving production efficiency and meat quality through techniques such as phenotypic selection, crossbreeding, artificial insemination, embryo transfer, and the use of technologies like genomic selection, artificial intelligence, and big data. With one of the largest beef cattle herds in the world, Brazil has significant potential to increase its productive efficiency through genetic improvement, contributing both to the supply of the domestic market and to exports. These advancements aim to produce herds adapted to tropical climates with greater sustainability, reducing environmental impacts and production costs. The success of the sector depends on investments in infrastructure, training, and public policies that support the industry.

Keywords: Crossings. Genetic selection. Artificial insemination and reproduction.

INTRODUÇÃO

De acordo com o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), a introdução da Pecuária no Brasil (Século XVI-XVIII), dá-se no período em que os colonizadores portugueses chegam às terras brasileira e trazem consigo os primeiros animais para a produção de carne e leite, com grande expansão nas regiões de Minas Gerais e São Paulo (Brasil, 2023).

Segundo Santos e Lima (2018), no período em que se deu a abertura de novas áreas de pastagem, o Brasil começou a importar raças de gado mais produtivas, como a Angus e a Hereford, fase em que a pecuária de corte se estabeleceu no país, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Sul. Após a segunda Guerra Mundial, a pecuária brasileira passa por um processo de modernização,

com a introdução de técnicas de melhoramento genético, manejo intensivo e nutrição animal, o que conseqüentemente resultou em aumento significativo na produtividade (Alves; Contini; Gasques, 2008).

Durante a transição do século XX para o XXI (décadas de 1990 e 2000), o Brasil se consolidou como um dos maiores exportadores de carne bovina do mundo, impulsionado pelo crescimento das demandas externas. Esse fenômeno foi favorecido pela certificação da qualidade da proteína brasileira, que estimulou a indústria e elevou a carne bovina a um status de destaque nas exportações do país (ABIEC, 2023).

A pecuária de corte brasileira, se consagrou no mercado mundial como um importante e grande produtor contemporâneo de alimentos e conseqüentemente vem ampliando novas conquistas e lugares cada vez mais competitivos no mercado de exportação, se tornando importante captador de divisas para o país, por isso, ainda que apresentem avanços claros nos últimos anos, a pecuária e a agropecuária no Brasil ainda têm consideráveis melhorias a serem respondidas (Teixeira *et al.*, 2014).

Frente a isso, o melhoramento genético, em geral, busca alcançar níveis de produtividade e/ou qualidade do produto que atenda, além dos sistemas de produção, as exigências do mercado, em que as múltiplas características dos animais necessitam ser monitoradas a fim de analisar condicionantes como, por exemplo, a adequabilidade, eficiência reprodutiva, viabilidade, pesos corporais, taxas de crescimento, qualidade da carcaça e da carne (Rosa *et al.*, 2013).

Considerando o melhoramento animal como uma atividade que envolve o processo contínuo de criação, seleção e reprodução dos animais domésticos, conseqüentemente busca-se alterar as características dos animais produzidos na geração seguinte, na direção intencionada pelo produtor e ou mercado consumidor, o que significa seguramente, melhoramento do ambiente, mudanças nos manejos nutricionais e sanitários, além dos processos reprodutivos e genéticos realizáveis pelo processo de seleção, sistemas de acasalamento e cruzamento (Barros Júnior *et al.*, 2020).

Neste contexto, dentre as biotecnologias reprodutivas disponíveis, a produção *in vitro* destaca-se por considerar os inúmeros avanços tecnológicos já disponíveis, que possibilita aplicar procedimentos vantajosos para a melhoria genética do animal, o que permite a melhoria genética do plantel, apressando o progresso genético do rebanho em questão e, por isso, a produção *in vitro* de embriões carece de análises minuciosas e cuidadosamente planejadas (Nogueira; Mingoti; Nicacio, 2013).

Dessa forma, objetivou-se com essa revisão investigar a importância do melhoramento genético em rebanhos de corte no Brasil, com foco nas características de seleção que influenciam a produtividade, a qualidade da carne e a resistência a doenças.

METODOLOGIA

Realizou-se uma revisão bibliográfica com base nos acervos publicados na literatura sobre a temática: importância de programas de melhoramento genético para bovino de corte no Brasil. Para a realização da pesquisa seguiu-se uma sequência de etapas: definição do tema, estabelecimento dos critérios de inclusão, organização dos estudos em categorias (importância do melhoramento genético; uso de tecnologias e ferramentas; e perspectivas futuras), avaliação dos artigos selecionados, interpretação dos achados e síntese do conhecimento.

O Google acadêmico e a *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) foram utilizados como

bases de dados para busca de materiais que atendessem ao tema. A busca foi realizada tanto em português quanto em inglês, utilizando as seguintes palavras chaves: cruzamentos, seleção genética, inseminação artificial e reprodução. Estas foram intercaladas por operadores booleanos OR e AND.

Para a seleção dos artigos, foram utilizados os seguintes critérios: artigos originais, monografias, dissertações, teses, anais e publicações de órgão oficiais (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes – ABIEC, Ministério da Agricultura e Pecuária - MAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA). Foram incluídos materiais em inglês e português, publicados nos últimos 20 anos. A coleta de dados ocorreu em outubro de 2024, por meio da busca online de fontes que tratassem da importância dos programas de melhoramento genético em rebanhos de corte no Brasil.

Os dados foram organizados em uma planilha do Microsoft Excel 2016 e, em seguida, foi realizada uma análise descritiva do conteúdo, sendo apresentado em tópicos no formato de texto que será apresentado a seguir.

REVISÃO DE LITERATURA

Importância do melhoramento genético na pecuária de corte

O melhoramento genético em gado de corte é uma prática fundamental para aumentar a eficiência produtiva, melhorar a qualidade da carne e promover a sustentabilidade na pecuária, envolvendo a triagem e cruzamento de animais com características desejáveis, no desejo de obter descendentes que apresentem os atributos intencionados, como crescimento, eficiência alimentar, resistência a doenças e qualidade da carne (Wolter, 2017).

Dentre as estratégias de melhoramento genético, Wolter (2017) considera:

- a) a seleção fenotípica, que trata do processo de seleção de animais com base no peso, composição corporal e eficiência alimentar, a partir de avaliação de comportamento, independente da raça;
- b) pelo processo de melhoramento genético assistido por marcadores (MGAM), que se dá pela utilização de marcadores moleculares, a fim de identificar genes pertinentes a características de interesse, processo que permite uma seleção de maior precisão e rapidez se comparado ao processo de seleção tradicional;
- c) pela prática de cruzamentos entre raças diferentes, que pode resultar em mestiços que exibem propriedades superiores, como facilidade no ganho de peso e melhor adequação a diferentes condições ambientais, atualmente considerando como uma estratégia comum em sistemas de produção de carne industrial;
- d) pela adoção da Biotecnologia, a exemplo da inseminação artificial e/ou a transferência de embriões, que facilita o acesso a genes de alta qualidade e assim permite uma disseminação das características desejadas para o rebanho com maior rapidez.

Uso das tecnologias e ferramentas no melhoramento genético

Para Ferraz e Felício (2010), as melhorias genéticas de bovinos de corte no Brasil, têm constituído área de crescente interesse de pesquisa, tanto por parte das instituições de ensino e ou associações de produtores, justificadamente sob o objetivo de atender à demanda mundial por car-

ne bovina de qualidade e de melhorar a eficiência e sustentabilidade da pecuária brasileira.

Segundo Ferraz e Felício (2010) a aplicação de novas tecnologias e métodos de seleção genética tem contribuído para o desenvolvimento de rebanhos mais produtivos, resistentes e adaptados às condições tropicais, destacando como principais perspectivas e abordagens para o melhoramento genético de bovinos de corte no país os seguintes pontos:

a) A seleção genômica transformou a melhoria genética no Brasil, permitindo identificar jovens animais superiores e acelerar o progresso genético. Com marcadores de DNA, é amplamente utilizada em raças como Nelore e Angus, destacando o Brasil na escolha de bovinos de corte geneticamente superiores.

b) Os cruzamentos entre raças europeias, como o Angus, são comuns no Brasil e visam combinar características vantajosas, como rusticidade e produtividade. Essa prática tem possibilitado a produção de carne de alta qualidade em regiões desafiadoras, mostrando-se eficiente no aumento da produtividade e da qualidade da carne (Ferraz; Felício, 2010).

c) O melhoramento genético no Brasil foca em características adaptativas, como resistência ao calor e parasitas, para garantir a produtividade em clima tropical. Segundo Costa, Ribeiro e Fonseca (2019), esse avanço reduz o uso de medicamentos, melhora o bem-estar animal, diminui custos e aumenta a sustentabilidade da produção.

d) A aplicação de tecnologias como inteligência artificial e big data tem se tornado uma tendência emergente na otimização da seleção genética. Essas ferramentas permitem analisar grandes volumes de dados genéticos e de desempenho, identificando padrões difíceis de detectar manualmente. Segundo Ribeiro *et al.* (2022), essas tecnologias são fundamentais para programas de seleção de precisão, resultando em ganhos significativos na produtividade e na qualidade da carne.

e) A sustentabilidade e a eficiência alimentar são essenciais para a pecuária, contribuindo para a sustentabilidade ambiental ao reduzir a emissão de gases de efeito estufa por quilo de carne produzido. Segundo Santana *et al.* (2021), a seleção de animais com maior eficiência alimentar favorece uma pecuária de corte mais sustentável, resultando em menores impactos ambientais e redução de custos de produção.

f) O melhoramento genético no Brasil tem se concentrado na qualidade da carne, além da produtividade, para atender ao mercado internacional. Características como marmoreio, maciez e sabor são altamente valorizadas pelos consumidores, e o país tem investido em programas de melhoramento focados nessas qualidades (BARROS JÚNIOR *et al.*, 2020).

As biotecnologias da reprodução, um subcampo da biotecnologia, englobam técnicas que manipulam e auxiliam o processo de reprodução de animais, principalmente em contextos médicos e agropecuários. Na medicina, elas são aplicadas em reprodução assistida, abrangendo procedimentos como fertilização *in vitro* (FIV), inseminação artificial e transferência de embriões, que auxiliam casais com dificuldades de concepção (Bailey, 2020). Para o setor agropecuário, essas técnicas respondem pela promoção de melhorias genéticas em animais e plantas, na busca das propriedades desejáveis como, por exemplo, animais com maior resistência a doenças, aumento de produtividade e eficiência no manejo genético de espécies (Bailey, 2020).

Para Goffeau *et al.* (2020) a transferência de embriões (TE), comumente utilizada na pecuária, permite a transferência de embriões de uma fêmea geneticamente superior para outras, multiplicando a genética de animais de alto desempenho.

Manipulação genética e clonagem, também, considerada como outra tecnologia relevante consiste na clonagem, processo em animais geneticamente idênticos ao original são criados, ainda

que considere alguns aspectos éticos, essa técnica possibilita a preservação de espécies em extinção e na produção de animais transgênicos para pesquisa médica e produção de medicamentos (Goffeau *et al.*, 2020).

Atualmente, a pecuária brasileira, além dos programas de melhoramento genético, contam ainda com outras ferramentas como as vinculadas à inteligência artificial e consideráveis bancos de armazenamento de dados que possibilitam uma análise de desempenho dos rebanhos, capaz de satisfazer os mais exigentes modelo de produção, o que tem permitido ao país, figurar como um dos maiores exportadores de carne bovina do mundo, com uma indústria altamente competitiva que mantém a qualidade dos produtos em um nível internacional (Barros, 2015).

Neste sentido, não é leviano afirmar que os processos e programas de Melhoramento Genético do rebanho de corte, vem proporcionando consideráveis índices de rentabilidade na bovinocultura brasileira (Rosa *et al.*, 2013).

Estudos como o de Silva, Mendonça e Souza (2018), sustentam que a adoção de procedimentos de melhoramento genético na bovinocultura de corte, tem se caracterizado como uma ferramenta essencial para aumentar a rentabilidade da pecuária no Brasil, além de possibilitar real aprimoramento das características produtivas e reprodutivas do rebanho, com destaque para o ganho de peso, eficiência alimentar, precocidade sexual e resistência a doenças.

Dentre outras inovações, a seleção genética permite identificar e propagar características superiores, acelerando o desenvolvimento de animais mais adaptados ao ambiente e com maior capacidade produtiva. No Brasil, raças como Nelore, Angus, e cruzamentos industriais são comumente melhoradas geneticamente para atender a demandas específicas de mercado e condições ambientais. O uso de tecnologias como a seleção genética e a inseminação artificial contribui para uma seleção mais precisa e rápida, aumentando o ganho genético por geração (Silva; Mendonça; Souza, 2018).

Por isso, considera-se positivos os impactos do melhoramento genético para a pecuária brasileira, proporcionando consideráveis contribuições para o crescimento econômico, ao ponto tornar a pecuária o setor da economia que mais contribui para o lastro de sustentação da economia do país. Em um estudo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Silva, Mendonça e Souza (2018) destacam que as propriedades que adotam e investem em procedimento de melhoria da genética de seu rebanho, além de reduzir o tempo de abate, conseguem aumentar o quantitativo e a qualidade da carne produzida, além de obter considerável redução do impacto ambiental por unidade de produção, maior eficiência em produtividade e consequentemente maior retorno financeiro.

Segundo estudo apresentado por Silva, Mendonça e Souza (2018), os principais processos de melhoramento genético praticados no Brasil incluem a seleção genética, o cruzamento entre raças e o uso de tecnologias avançadas, como inseminação artificial e transferência de embriões, justificados pelos múltiplos interesse que a melhoria genética do rebanho representa, desde as técnicas para ganho de peso como a eficiência alimentar, precocidade sexual, resistência a doenças e qualidade da carne como elemento para a eficiência de produção e consequente competitividade nos mercados internos e externos e efetiva satisfação econômica pelo produtor.

Seleção Genética

A seleção genética é um processo fundamental que envolve a escolha de animais com as melhores características genéticas para reprodução, utilizando índices que combinam múltiplas

características para otimizar o desempenho dos rebanhos. Programas como o Programa Nacional de Melhoramento da Raça Nelore (PMGRN) exemplificam a seleção de animais mais produtivos. Segundo Silva, Mendonça e Souza (2018), essa prática visa melhorar a qualidade genética de futuras gerações, sendo amplamente aplicada na agricultura e pecuária.

A literatura destaca várias técnicas de seleção genética, incluindo a seleção massal e a seleção assistida por marcadores moleculares, que utilizam marcadores genéticos para identificar rapidamente características desejadas. Além disso, a seleção genética foca na avaliação do DNA, facilitando a promoção da qualidade genética e agilizando o processo de melhoramento (Silva; Mendonça; Souza, 2018).

A técnica de seleção genética traz ganhos significativos em produtividade, resistência a doenças e adaptação ao ambiente, sendo crucial para atender à crescente demanda por alimentos. Contudo, é fundamental considerar questões éticas e de sustentabilidade, já que a manipulação genética pode impactar o ecossistema e a biodiversidade de maneiras desconhecidas (Silva; Mendonça; Souza, 2018).

Cruzamento entre raças

O cruzamento entre raças distintas visa combinar características desejáveis, como no cruzamento industrial entre raças europeias (Angus e Hereford) e zebuínas (Nelore e Brahman), comum na pecuária brasileira. Essa prática une a adaptabilidade e rusticidade das raças zebuínas com a precocidade e qualidade da carne das raças europeias, resultando em animais com melhor desempenho em peso e qualidade da carne, além de aumentar a heterose ou vigor híbrido (Paim; Borges, 2020).

Segundo Paim e Borges (2020), o cruzamento entre raças na agropecuária brasileira busca associar características genéticas distintas para garantir maior produtividade e resistência às condições ambientais. Essa prática reduz riscos de anomalias e envolve reprodução seletiva entre raças, combinando seus melhores atributos e promovendo a heterose ou vigor híbrido, o que pode aumentar o desempenho da prole.

O cruzamento entre raças é realizado com objetivos bem definidos, como melhorar o desempenho e a produtividade dos descendentes em comparação com os pais puros. Esse processo busca aumentar a resistência a doenças, especialmente aquelas relacionadas à adaptação climática inadequada. Segundo Paim e Borges (2020), algumas raças possuem resistência natural a certas doenças ou são mais adaptáveis a condições climáticas adversas.

Na agropecuária brasileira, os tipos de cruzamentos mais comuns incluem o cruzamento terminal, que é focado na produção de animais para abate; o cruzamento rotacional, que alterna raças a cada geração para manter a heterose e a diversidade genética; e o cruzamento grading up, que visa o melhoramento gradual para aumentar a produtividade, como no caso do rebanho de corte Nelore x Angus. Essas práticas têm como objetivo otimizar a eficiência e a qualidade da produção (Paim; Borges, 2020).

Inseminação Artificial (IA)

A inseminação artificial (IA) é uma técnica amplamente utilizada no melhoramento genético de bovinos de corte, proporcionando diversos benefícios tanto para os produtores quanto para a indústria pecuária como um todo. Esse processo consiste na introdução de sêmen de um reprodutor geneticamente superior no trato reprodutivo da fêmea, com o objetivo de otimizar a

qualidade genética do rebanho e aumentar a produtividade de carne (Silva *et al.*, 2019).

Um dos principais benefícios da inseminação artificial é a possibilidade de melhorar as características genéticas do rebanho. Através da escolha criteriosa dos touros, com base em características como taxa de crescimento, eficiência alimentar, qualidade da carne e resistência a doenças, é possível transmitir essas qualidades às gerações futuras de forma mais rápida e eficaz do que com a reprodução natural. De acordo com Silva *et al.* (2019), a inseminação artificial permite o uso de sêmen de touros superiores, o que resulta em ganhos genéticos significativos em termos de desempenho zootécnico dos bovinos, especialmente em características relacionadas ao crescimento e à qualidade da carne.

Além disso, a IA facilita a disseminação de material genético de reprodutores de alto valor genético em grandes áreas, o que, tradicionalmente, seria inviável com a monta natural. Segundo Carvalho e Pimentel (2020), esse aumento na disseminação do material genético permite que pequenos e médios produtores tenham acesso a touros de elite, resultando em rebanhos com melhores características fenotípicas e produtivas.

A inseminação artificial também proporciona uma redução de custos com touros e gestão do rebanho. A utilização de sêmen congelado permite que o produtor escolha e compre sêmen de touros renomados de qualquer parte do país ou do mundo, sem precisar manter um reprodutor de alto custo em sua propriedade. Além disso, a inseminação artificial permite o planejamento reprodutivo de forma mais precisa, contribuindo para uma melhor utilização do ciclo reprodutivo das fêmeas e aumentando a taxa de fertilidade do rebanho. Estudos mostram que, em muitas situações, a taxa de concepção com inseminação artificial é superior à da monta natural (Lima *et al.*, 2021), o que resulta em um aumento da produtividade do rebanho.

A inseminação artificial também contribui para a redução da disseminação de doenças venéreas. Ao utilizar sêmen de touros selecionados e testados para doenças, os riscos de infecção dentro do rebanho são consideravelmente menores, o que contribui para a saúde do rebanho e, conseqüentemente, para a produtividade. Conforme relatado por Lopes *et al.* (2018), a IA permite a quarentena e os testes rigorosos de saúde dos touros, o que diminui significativamente o risco de transmissão de doenças de reprodutores para reprodutoras.

Transferência de Embriões (TE) e Fertilização *in vitro* (FIV)

Estas técnicas são usadas para multiplicar geneticamente os melhores animais de forma rápida, permitindo que fêmeas de alto valor genético produzam mais descendentes por ano (TE), enquanto a FIV possibilita um controle mais preciso do processo, com embriões selecionados em laboratório. Ambas as técnicas são muito utilizadas em rebanhos de elite e aceleram a disseminação de características genéticas desejáveis (Baruselli *et al.*, 2011).

Baruselli *et al.* (2011) consideram a transferência de Embriões (TE) e a Fertilização *in vitro* (FIV) como as duas técnicas reprodutivas assistidas amplamente utilizadas na medicina veterinária e humana para maximizar o potencial reprodutivo e permitir a gestação em casos em que há dificuldades de fertilidade.

O procedimento envolve, geralmente, a superovulação da doadora, através de hormônios que induzem a produção de múltiplos óvulos. Após a inseminação artificial (ou natural), esses embriões são coletados e implantados nas fêmeas receptoras. Isso permite que uma única fêmea de alto valor genético contribua significativamente para o melhoramento genético de rebanhos sem necessidade de múltiplas gestações próprias (Baruselli *et al.*, 2011).

Segundo Baruselli *et al.* (2011), a Fertilização *in vitro* (FIV) é uma técnica em que os óvulos e espermatozoides são manipulados fora do corpo para possibilitar a fertilização. Após a coleta dos óvulos da doadora e dos espermatozoides do macho, ambos são fertilizados em laboratório. Os embriões resultantes são então cultivados por um período e, posteriormente, transferidos para o útero de uma receptora.

Estes estudos dão conta de que a FIV é amplamente usada tanto em humanos quanto em animais, sendo especialmente útil em casos em que há problemas de fertilidade. Em bovinos, por exemplo, essa técnica permite a produção de descendentes mesmo de fêmeas que têm dificuldades de concepção natural. Além disso, permite uma maior taxa de recuperação de embriões e uma flexibilidade na seleção genética (Baruselli *et al.*, 2011).

Baruselli *et al.* (2011) consideram que ambas oferecem alternativas importantes para o melhoramento genético e a preservação de espécies, além de possibilitarem o controle mais eficiente das características genéticas transmitidas. No contexto veterinário, as vantagens se refletem em um rebanho mais produtivo e resistente.

Seleção Genômica

A seleção genômica é uma das técnicas mais avançadas no melhoramento genético de bovinos de corte, permitindo a seleção de animais com base em seu perfil genético, em vez de características fenotípicas ou desempenho em campo. Essa abordagem tem revolucionado a pecuária, proporcionando ganhos significativos na eficiência de produção e na qualidade genética do rebanho. As principais técnicas utilizadas na seleção genômica incluem o uso de marcadores moleculares, genotipagem de alta densidade, e modelos de predição genética que integram informações genômicas com dados fenotípicos. Cada uma dessas técnicas desempenha um papel crucial na aceleração do progresso genético e na redução de custos associados ao melhoramento.

A primeira etapa da seleção genômica envolve a utilização de marcadores moleculares, que são fragmentos de DNA associados a características de interesse. Esses marcadores podem identificar alelos específicos que afetam atributos como crescimento, qualidade da carne, resistência a doenças e eficiência alimentar. O uso de tecnologias de genotipagem de alta densidade, como a microarray de SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms), permite analisar centenas de milhares de variantes genéticas simultaneamente, oferecendo uma visão detalhada do genoma do animal.

Segundo Van Eenennaam e Taylor (2017), o uso de marcadores moleculares permite prever com alta precisão as características de desempenho dos animais, mesmo antes de sua avaliação fenotípica. Essa técnica possibilita a seleção precoce de animais com alto potencial genético, reduzindo o ciclo de melhoramento e acelerando os ganhos genéticos.

Além da genotipagem, outro componente fundamental da seleção genômica é o uso de modelos de predição genética. Esses modelos combinam informações genéticas (obtidas por meio dos marcadores moleculares) com dados fenotípicos de desempenho, como peso, ganho de peso diário, e qualidade da carne, para prever com maior precisão a aptidão genética de um animal para determinadas características. De acordo com Lourenco *et al.* (2020), a aplicação de modelos de predição genética baseados em dados genômicos melhora a acurácia da seleção, permitindo que o pecuarista identifique os animais com melhor potencial para transmissão de características desejáveis para a próxima geração. Isso resulta em um progresso genético mais rápido e eficiente, sem a necessidade de esperar que os animais atinjam a maturidade ou exibam todas as características desejadas de maneira fenotípica.

A avaliação genômica envolve a análise dos dados de genotipagem e a aplicação dos modelos preditivos para estimar o valor genético dos animais, uma medida importante para a tomada de decisões na seleção de reprodutores. Esses valores genéticos podem ser usados para identificar touros e vacas com as melhores combinações genéticas, promovendo a obtenção de rebanhos mais produtivos e resilientes.

A seleção genômica tem demonstrado um aumento substancial no ganho genético. Segundo Buzanskas *et al.* (2017), em sistemas de produção de bovinos de corte, o uso de seleção genômica pode aumentar significativamente a taxa de progresso genético, que pode ser até 50% mais rápida do que as técnicas tradicionais de seleção, como a seleção baseada apenas em fenótipo. Essa aceleração resulta em ganhos diretos na produtividade, qualidade da carne e resistência a doenças, além de permitir uma adaptação mais rápida às mudanças nas exigências do mercado e condições ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância do melhoramento genético em rebanhos de corte no Brasil é fundamental para a sustentabilidade e competitividade da pecuária nacional. Com um dos maiores rebanhos de corte do mundo, o Brasil possui um grande potencial para aumentar sua eficiência produtiva, beneficiando tanto o abastecimento do mercado interno quanto as exportações.

Programas de melhoramento genético permitem a seleção de características desejáveis, como ganho de peso, eficiência alimentar, resistência a doenças e qualidade da carne, reduzindo o tempo de engorda, custos de produção e impacto ambiental. Utilizando tecnologias como seleção genômica, seleção assistida por marcadores genéticos e inseminação artificial, é possível identificar e multiplicar características superiores de forma rápida e precisa.

Embora os resultados sejam incrementais e de longo prazo, seu impacto é positivo e duradouro, melhorando o padrão genético das futuras gerações e gerando resultados econômicos acumulativos. Para garantir avanços sustentáveis, é crucial investir em infraestrutura de coleta e análise de dados, capacitação técnica e acesso a tecnologias reprodutivas, apoiando pequenos e médios produtores por meio de políticas públicas.

Por fim, o sucesso do melhoramento genético depende da integração entre pesquisa, setor produtivo e governo, promovendo políticas de longo prazo que incentivem a inovação e assegurem ao Brasil um papel de destaque na produção de carne de qualidade no mercado global.

REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. **Exportações brasileiras de carne bovina**. 2015. 19p. Relatório Anual. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/download/relatorio-anual-2015.pdf>. Acesso em: 31 de agosto de 2024.

ALMEIDA, J. R. *et al.* Capacitação de produtores e mão de obra na pecuária de corte: desafios e soluções. **Revista Agropecuária Brasileira**, v. 56, n. 8, p. 1234-1242, 2021.

ALENCAR, M. M; BARBOSA, P. F. Melhoramento genético em gado de corte no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Melhoramento Animal, 8., 2010, Maringá. **Anais** [...] Maringá: SBMA, 2010. p. 1-9. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/856665>> Acesso em: 31 de agosto de 2024.

- ALVES, E. R. A.; CONTINI, E.; GASQUES, J. G. Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. Brasília-DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p. 67.
- ALVES, M. F.; COSTA, R. G. Integração lavoura-pecuária-floresta e a sustentabilidade na pecuária de corte. **AgroSustentável**, v. 15, n. 3, p. 78-85, 2020.
- ANDRADE, A.; PINTO, S. C.; OLIVEIRA, R. S. **Animais de Laboratório: criação e experimentação**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2002. 388 p.
- BAILEY, R. **Biotechnology and its Applications**. ThoughtCo, 2020.
- BARROS, C. C. História e evolução do melhoramento genético de bovinos no Brasil. **Revista de Zootecnia Brasileira**, v. 12, n. 3, p. 58-69, 2015.
- BARROS JÚNIOR, C. P. *et al.* Melhoramento genético em bovinos de corte (*Bos indicus*). **Nutritime Revista Eletrônica**, v. 13, n. 1, p. 4558-4564, 2016.
- BARUSELLI, P.S. *et al.* Reproductive biotechnologies and embryo transfer in cattle. **Reproduction in Domestic Animals**, v. 46, n. 2, p. 144-152, 2011.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal. **Anuário dos Programas de Controle de Alimentos de Origem Animal do DIPOA**. Brasília-DF: MAPA/SDA/DIPOA, 2023. Disponível em: <<http://conteudo.silemg.com.br/Publicacoes/AnuarioProgramasControleAlimentosOrigemAnimal-DIPOA-Vol-IV-2018.pdf>> Acesso em: 31 JUL 2024.
- BUZANSKAS, M. L. *et al.* Genomic selection in beef cattle: A review of methods and applications. **Journal of Animal Science**, v. 95, n. 6, p. 2580-2595, 2017.
- CARVALHO, G. M. C. *et al.* **Origem, formação e conservação do gado Pé-Duro, o bovino do Nordeste brasileiro**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2010. 25 p.
- CARVALHO, P. L. *et al.* Blockchain e rastreabilidade na pecuária: um caminho para a transparência e eficiência. **Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária**, v. 12, n. 5, p. 456-465, 2021.
- CARVALHO, R. A. *et al.* Inseminação artificial: uma ferramenta estratégica para o melhoramento genético de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, n. 4, p. 1-10, 2020.
- CARVALHO, V. H. G.; VIEIRA, P. R. P. Melhoramento genético como estratégia de avanço da produção e da produtividade durante o confinamento bovino. **Scientia Generalis**, v. 4, n. 1, p. 61-77. 2023.
- COSTA, R. L., RIBEIRO, R. F., FONSECA, P. D. Avanços no melhoramento genético de características adaptativas em bovinos de corte no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, p. 215-223, 2019.
- COSTA, J. A. Impacto da genômica no melhoramento genético bovino. **Revista Brasileira de Pecuária**, v. 9, n. 1, p. 42-51, 2020.
- EUCLIDES FILHO, K. Evolução do melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, n. 5, p. 620-626, 2009.
- FARIA, R. M.; ALBUQUERQUE, L. G. Melhoramento genético na pecuária de corte: desafios e avanços. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, e20200012, 2020.
- FERRAZ, J. B. S. *et al.* Seleção genômica na pecuária de corte: impactos econômicos e sociais.

Genética e Biotecnologia na Agropecuária Brasileira, p. 78-93, 2019.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Produção de carne bovina no Brasil: sustentabilidade e inovações tecnológicas **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 32-40, 2010.

GARNERO, J. R. *et al.* **Sustentabilidade na pecuária de corte**: uma abordagem através do melhoramento genético. Semin: 2016.

GOFFEAU, A. *et al.* Biotechnology in Medicine: Fertilization, Genomics, and Therapy. **Journal of Applied Biotechnology**, 2019.

LIMA, L. P. *et al.* Eficiência reprodutiva e taxas de concepção em bovinos de corte submetidos à inseminação artificial. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, n. 3, p. 351-360, 2021.

LÔBO, R. B.; PEREIRA, M. A. Marcadores moleculares e a seleção genômica no melhoramento genético de bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, n. 7, e20180344, 2019.

LOPES, R. L. *et al.* Impacto da inseminação artificial na redução da transmissão de doenças venéreas em bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 1, p. 49-57, 2018.

LORENCO, M. A. *et al.* Aplicações da seleção genômica na pecuária de corte: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 49, n. 4, p. 1-9, 2020.

MENEZES, T. A. *et al.* Conectividade no campo e suas implicações para o uso de tecnologias na pecuária de corte. **Revista de Ciência Agrária**, v. 9, n. 4, p. 354-361, 2020.

NOGUEIRA, E.; MINGOTI, G. Z.; NICACIO, A. C. Biotécnicas reprodutivas para aceleração do melhoramento genético. In: ROSA, A. do N.; MARTINS, E. N.; MENEZES, G. R. de O.; SILVA, L. O. C. (Ed.). **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus-Embrapa. Brasília-DF: Embrapa; Campo Grande-MS: Embrapa Gado de Corte, 2013. Capítulo 16. p. 195-211.

PAIM, T. D. M., BORGES, A. S. **Cruzamento entre raças na produção animal**. EMBRAPA, 2020.

PEREIRA, M. S.; COSTA, R. F. Fertilização *in vitro* e seleção genômica: Avanços na pecuária de corte brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 48, n. 3, e20180234, 2019.

RESENDE, R. T.; SANTANA, M. L. Acelerando o melhoramento genético de bovinos de corte: O papel da genômica. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 5, p. 1565-1573, 2018.

RIBEIRO, J. C. *et al.* Inteligência Artificial e Big Data no melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Anais da Sociedade Brasileira de Tecnologia Animal**, v. 13, p. 78-89, 2022.

RIBEIRO, P. R.; SILVA, T. M. Inovações tecnológicas no melhoramento genético de bovinos de corte. **Revista Agropecuária Atual**, v. 8, n. 2, p. 33-47, 2019.

ROSA, A. N. *et al.* **Melhoramento genético aplicado em gado de corte**: Programa Geneplus-Embrapa. Brasília-DF: Embrapa. 2013. p. 11-26.

SANTANA, M. H. *et al.* Eficiência alimentar como ferramenta para a sustentabilidade na pecuária de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 22, p. 126-135, 2021.

SANTIAGO, R. G.; BARIONI, L. G. O papel da assistência técnica na modernização da pecuária de corte brasileira. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa**, v. 142, p. 1-35, 2021.

- SANTOS, R. M.; LIMA, E. A. Advances in *in vitro* fertilization and embryo transfer in domestic animals. **Animal Reproduction**, v. 15, n. 3, p. 184-190, 2018.
- SANTOS, L. A.; SILVA, J. F. Custos de tecnologia na pecuária de corte: desafios e oportunidades. **Revista Economia Rural**, v. 43, n. 2, p. 201-210, 2022.
- SILVA, G. A.; FREITAS, M. A. Seleção genômica: conceito e aplicação no melhoramento genético animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 46, n. 12, p. 1084-1093, 2017.
- SILVA, G. R.; REZENDE, F. M. Avanços na utilização de marcadores moleculares para o melhoramento genético de bovinos de corte no Brasil. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 4, 1180-1192, 2020.
- SILVA, L. O.; MENDONÇA, F. S.; SOUZA, A. R. **Impacto do melhoramento genético sobre a produtividade e sustentabilidade da bovinocultura de corte brasileira**. Embrapa, 2018.
- SILVA, M. A. *et al.* Melhoramento genético em bovinos de corte: A inseminação artificial como ferramenta. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 43, n. 2, p. 123-130, 2019.
- SILVA, R. G.; ALMEIDA, G. R. Reprodução assistida e o impacto no melhoramento genético de bovinos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, n. 1, p. 50-62, 2021.
- TEIXEIRA, J. C. *et al.* A Trajetória da Pecuária Bovina Brasileira. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, p. 26-38, 2014.
- VAN EENENNAAM, A. L.; TAYLOR, J. F. Applications of genomic selection in beef cattle breeding programs. **Animal Frontiers**, v. 7, n. 3, p. 20-28, 2017.
- VIEIRA FILHO, J. E. R. A Fronteira agropecuária brasileira: redistribuição produtiva, efeito poupa-terra e desafios estruturais logísticos. In: VIEIRA FILHO, J. E. R.; GASQUES, J. G.; CARVALHO, A. X. Y. *et al.* (Org.). **Agricultura, transformação produtiva e sustentabilidade**. Brasília: IPEA, 2016. 391 p.
- WOLTER, P. F. **Estratégias de melhoramento genético em gado de corte na fase de cria**. 2017. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência, Inovação e Tecnologia Para A Amazônia, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2017.

Capítulo 3

ABORDAGEM COMPARATIVA DE PROTOCOLOS DE TRATAMENTO DA DIROFILARIOSE CANINA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Comparative approach to treatment protocols for canine dirofilariasis: a literature review

Virginia Oliveira Zarth

Egressa do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Lucas de Souza Quevedo

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Eric Mateus Nascimento de Paula

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: A dirofilariose consiste em uma doença parasitária grave que afeta principalmente os cães, com crescente relevância na Medicina Veterinária. O presente estudo, realizado através de uma revisão bibliográfica, objetiva comparar a eficácia dos principais protocolos de tratamento usados no Brasil. Através da análise de fontes científicas da língua portuguesa e inglesa, foram selecionados trabalhos de acordo com sua relevância, qualidade metodológica e originalidade. A análise dos estudos selecionados indicou que o protocolo convencional, com base na combinação entre melarsomina, ivermectina e doxiciclina, é mais eficaz na eliminação dos parasitas adultos e, também, na recuperação clínica dos animais, ainda que exija um controle rigoroso e adequada infraestrutura, além de apresentar riscos de graves reações adversas. Por outro lado, os protocolos alternativos, através do uso da doxiciclina associada à moxidectina de liberação prolongada ou à ivermectina, possuem segurança clínica maior e melhor viabilidade de aplicação em locais com limitação de estruturas, apesar de apresentarem risco de lesões cardiovasculares irreversíveis e possuírem tempo prolongado de tratamento. A análise dos protocolos demonstra a importância da individualização na escolha terapêutica, levando em consideração o quadro clínico, a disponibilidade dos medicamentos e os recursos financeiros do tutor. Conclui-se que, ainda que o protocolo com uso da melarsomina seja o com maior eficácia, os protocolos alternativos também são opções seguras e viáveis, quando monitorizados de maneira adequada. O estudo reforça a importância de novas pesquisas acerca dos desfechos clínicos e da qualidade de vida dos animais que receberam os tratamentos.

Palavras-chave: Cães. *Dirofilaria immitis*. Eficácia do tratamento. Parasitose cardiopulmonar. Terapia adulticida.

Abstract: Dirofilariasis is a serious parasitic disease that primarily affects dogs and is of increasing relevance in Veterinary Medicine. This study, conducted through a literature review, aims to compare the effectiveness of the main treatment protocols used in Brazil. Through the analysis of Portuguese-language scientific sources, studies were selected based on their relevance, methodological quality, and originality. The analysis of the selected studies indicated that the conventional protocol, based on the combination of melarsomine, ivermectin, and doxycycline, is more effective in eliminating adult parasites and in promoting the clinical recovery of affected animals, although it requires strict monitoring, adequate infrastructure, and carries the risk of severe adverse reactions. On the other hand, alternative protocols, involving the use of doxycycline combined with either extended-release moxidectin or ivermectin, offer greater clinical safety and better feasibility in settings with limited resources, despite the potential for irreversible cardiovascular damage and the need for a longer treatment duration. The analysis of these protocols highlights the importance of individualized therapeutic choices, taking into account the clinical condition, drug availability, and the owner's financial resources. It is concluded that although the melarsomine-based protocol is the most effective, the alternative protocols are also safe and viable options when properly monitored. This study reinforces the importance of further research on clinical outcomes and the quality of life of animals undergoing treatment.

Keywords: Dogs. *Dirofilaria immitis*. Treatment efficacy. Cardiopulmonary parasitosis. Adulticidal therapy.

INTRODUÇÃO

A dirofilariose configura-se uma doença parasitária de crescente importância na clínica de pequenos animais, principalmente em cães, apresentando como agente etiológico o nematoide *Dirofilaria immitis*. É uma enfermidade que evolui de maneira crônica, com potencial de grave comprometimento do sistema cardiovascular, que ocasiona morte do animal afetado, nos casos em que não há um diagnóstico precoce e terapêutica adequada. Ainda que a enfermidade tenha sido, durante muito tempo, associada apenas a áreas tropicais e litorâneas, sua incidência sofreu expansão para áreas não consideradas endêmicas, devido, em grande porção, às alterações climáticas, à desordenada urbanização e à intensificação da mobilidade dos animais domésticos (Suhett *et al.*, 2022).

A transmissão da doença ocorre pela ação de mosquitos vetores, principalmente os pertencentes aos gêneros *Culex*, *Aedes* e *Anopheles*, os quais inoculam no hospedeiro, durante o repasto sanguíneo, larvas infectantes (Jadjeski *et al.*, 2023). Quando no organismo do hospedeiro, as larvas migram até os vasos pulmonares e o coração, locais onde se desenvolvem até alcançar a fase adulta, com a capacidade de causar inflamação e obstruções, além de insuficiência cardíaca congestiva direita e hipertensão pulmonar. O quadro clínico varia de acordo com o tempo de infecção, carga parasitária e resposta imunológica do animal, caracterizada por perda ponderal, tosse, hemoptise, síncope, arritmia, ascite e complicações pulmonares (Correa *et al.*, 2023).

Diante da complexidade clínica da enfermidade, as medidas terapêuticas se tornam um grande desafio, principalmente devido ao risco de reações tromboembólicas e inflamatórias que decorrem da morte dos parasitos em fase adulta. No país, o protocolo de tratamento mais utilizado se baseia na associação de doxiciclina, di-hidrocloreto de melarsomina e lactonas macrocíclicas, como a ivermectina. Porém, a melarsomina apresenta restrita distribuição no Brasil, o que dificulta seu uso rotineiro na prática veterinária. Alternativamente, utiliza-se novos protocolos, entre eles o que associa doxiciclina à moxidectina de liberação prolongada ou, ainda, esquemas que utilizam a ivermectina a longo prazo. Cada protocolo apresenta benefícios e limitações, as quais precisam ser cautelosamente analisadas, de acordo com a gravidade da doença, a condição clínica do animal e os recursos disponíveis (Jacobson; DiGangi, 2021).

Apesar da variabilidade nas opções terapêuticas, ainda não há padronizações em relação à escolha da terapêutica ideal para cada paciente. Na literatura brasileira, são escassos os estudos comparativos que analisem não apenas a taxa de eliminação parasitária, mas também a eficácia e segurança dos protocolos, tempo necessário para recuperações e o impacto acerca da qualidade de vida dos pacientes durante o processo de tratamento. Assim, a escolha da terapêutica, por vezes, é baseada nos conhecimentos clínicos e na experiência do profissional (Silva, 2019). O trabalho tem como objetivo realizar uma abordagem comparativa dos protocolos utilizados para tratamento da dirofilariose em cães.

MATERIAL E MÉTODOS

Configura-se uma pesquisa básica, qualitativa e exploratória, cujo procedimento classifica-se em pesquisa bibliográfica, através de consulta em bases de dados científicos como Science Direct, Google Acadêmico, Periódico Capes e SciELO, nas quais foram utilizados os seguintes termos de busca: “dirofilariose”; “cães”; “protocolos terapêuticos”; “eficácia do tratamento”.

Foram incluídos livros, artigos científicos disponíveis na íntegra, monografias, anais de congresso, dissertações, teses e documentos de órgãos oficiais, escritos no idioma português e inglês, que diziam respeito direto à área temática, incluindo epidemiologia, ciclo biológico, diag-

nóstico, manifestações clínicas, e especialmente os diferentes protocolos de tratamento utilizados no manejo da *Dirofilaria immitis* em cães. E que estivessem, ainda, de acordo com o critério de ano de publicação, abrangendo trabalhos dos últimos 5 anos. Os critérios de exclusão utilizados foram: trabalhos que não responderam ao objetivo da pesquisa, estudos cujo foco não contemplava a dirofilariose canina ou que apresentavam abordagem superficial, sem relevância para a compreensão da doença ou para a comparação dos protocolos terapêuticos. Ausência de originalidade, outros idiomas além da língua portuguesa e inglesa, e baixa qualidade metodológica, esta analisada de maneira subjetiva, com base na estrutura, clareza e rigor científico dos trabalhos.

REVISÃO DE LITERATURA

Etiologia e ciclo biológico da *Dirofilaria immitis*

A dirofilariose consiste em uma doença parasitária grave, ocasionada pelo agente etiológico *Dirofilaria immitis*, um nematoide pertencente à família *Onchocercidae*. Configura-se um helminto filarídeo, o qual se instala preferencialmente na câmara ventricular direita do coração e nas artérias pulmonares de cães, local onde se desenvolve até atingir a fase adulta (Bezerra *et al.*, 2021). A infecção é iniciada por meio da inoculação de larvas infectantes (L3), através de mosquitos vetores, durante o repasto sanguíneo. Após a penetração na pele do hospedeiro, essas larvas migram e passam por dois estágios de muda, até chegarem ao sistema cardiovascular, onde amadurecem, acasalam e realizam a liberação de microfilárias para a circulação periférica (Lima *et al.*, 2021).

É crucial para o ciclo biológico da *Dirofilaria immitis* a presença de vetores hematófagos, principalmente os dos gêneros *Culex*, *Aedes* e *Anopheles*, os quais atuam como hospedeiros intermediários. Dentro dos mesmos, as microfilárias ingeridas juntamente com o sangue se desenvolvem até se tornarem infectantes, no estágio L3. Nessa fase, é possível que haja a transmissão das microfilárias para o hospedeiro definitivo, que geralmente é um cão, apesar de haver relatos de gatos e até mesmo seres humanos infectados com a doença, o que a classifica como uma zoonose (Jadjeski *et al.*, 2023).

O intervalo entre a infecção e a liberação de microfilárias, ou seja, o período pré-patente, pode variar de seis a nove meses. Por sua vez, a maturação das larvas no organismo do hospedeiro definitivo acontece por volta do 120º após a infecção. Quando adultos, os parasitos podem atingir até 30cm de comprimento, e possuem a capacidade de sobreviver por até sete anos no organismo do animal infectado. A doença progride a depender de diversos fatores, como tempo de infecção, carga parasitária, estado imunológico e idade do paciente (Holanda *et al.*, 2020).

Epidemiologia da dirofilariose

Houve aumento da distribuição geográfica da dirofilariose em território nacional, que inicialmente era considerada endêmica em regiões costeiras do Nordeste, Sudeste e Norte do país. Atualmente, há casos relatados também em áreas das regiões Centro-Oeste e Sul, com registros em cães de Joinville-SC (Delling, 2019) e em Cambé-PR, sendo este considerado um possível caso autóctone (Suhett *et al.*, 2022), o que evidencia a expansão territorial da doença. Diversos fatores têm contribuído para tal cenário, como o crescimento desordenado das cidades, alterações climáticas, aumento da mobilidade de animais domésticos e ausência de políticas públicas de controle vetorial

(Machado; Silva, 2022).

Ainda, no Brasil, as condições ambientais favorecem com que haja a proliferação de mosquitos vetores da doença. Altas temperaturas e umidade elevada proporcionam que a reprodução e as atividades desses insetos sejam realizadas em um ambiente ideal, situação que eleva os riscos de transmissão da *Dirofilaria immitis*. Pesquisas epidemiológicas apontam prevalências diversas em diferentes regiões do país, e podem atingir números superiores a 10% em áreas litorâneas que possuem maior densidade de população canina (Araújo, 2024).

Além disso, outros aspectos agravam o problema epidemiológico, como a reduzida cobertura de medidas para profilaxia em cães e a ausência na conscientização dos tutores. A ausência de programas efetivos e contínuos de vigilância e controle de parasitas também é um fator contribuinte para o aumento no número de casos. É crucial destacar que a dirofilariose consiste em uma zoonose, com esporádicos registros de infecção em humanos, o que reforça a sua importância na saúde pública (Silva; Santos, 2022).

Diagnóstico da dirofilariose em cães

O diagnóstico da enfermidade é um desafio, principalmente nos estágios iniciais da infecção, momento no qual os sinais clínicos ainda não se mostram evidentes. Uma anamnese minuciosa, associada à avaliação clínica detalhada é crucial, principalmente em locais de risco. Entre os sinais clínicos mais encontrados, destaca-se a intolerância ao exercício, tosse crônica, perda ponderal progressiva e, nos casos mais avançados e graves, é possível encontrar sinais compatíveis com insuficiência cardíaca direita (Bendas *et al.*, 2022). Contudo, essas manifestações clínicas podem ser facilmente confundidas com outras enfermidades cardiopulmonares, razão pela qual é indispensável considerar diagnósticos diferenciais. Dentre os principais, incluem-se a insuficiência cardíaca congestiva de outras etiologias, cardiomiopatia dilatada, hipertensão pulmonar secundária, doenças respiratórias alérgicas (Holanda *et al.*, 2020).

Laboratorialmente, utiliza-se predominantemente testes sorológicos, com destaque para os testes de detecção de antígeno, os quais são capazes de identificar proteínas secretadas por fêmeas adultas do parasito a partir de 6 meses desde a infecção. Esses testes apresentam alta especificidade e são recomendados nas clínicas veterinárias como métodos de triagem. A pesquisa de microfírias, através do sangue periférico, pode ser feita por meio do método de Knott modificado, o que eleva a sensibilidade do exame microscópico direto e é possível diferenciar outras filárias como por exemplo a *Acanthocheilonema reconditum* (Peroba *et al.*, 2022).

Ademais, além dos exames laboratoriais, outros exames complementares, de imagem, como a ecocardiografia e a radiografia de tórax, têm grande importância na avaliação do nível de comprometimento cardiovascular. A radiografia é capaz de evidenciar alterações como dilatação e sinais de obstrução das artérias pulmonares. A ecocardiografia, por sua vez, permite visualizar diretamente os parasitos, nos casos avançados, além de proporcionar dados acerca da função cardíaca do animal (Delling, 2019).

Protocolos terapêuticos convencionais

O tratamento da dirofilariose em cães, no território nacional, é baseado em protocolos de diretrizes adaptadas à realidade do Brasil, levando em consideração aspectos como segurança

clínica, acesso a medicações e custo-benefício. O protocolo considerado padrão-ouro consiste na administração de di-hidroclorato de melarsomina, sendo esse um arsenical adulticida com eficácia contra parasitos adultos de *Dirofilaria immitis*. Tal fármaco é injetado via intramuscular, com duas doses de 2,5mg/kg, com intervalo de 24 horas entre ambas (Barbosa, 2021).

Esse protocolo apresenta como principal benefício a rapidez e a eficiência na eliminação dos parasitos adultos, o que diminui de maneira significativa a carga de parasitos e os danos cardiovasculares que estão associados à enfermidade. Porém, o uso da melarsomina necessita de rigorosos cuidados, principalmente quanto ao repouso absoluto do paciente durante e após a realização do tratamento, visto que a morte dos parasitos pode desencadear tromboembolismo pulmonar e reações inflamatórias (Silva *et al.*, 2024).

Para minimizar tais riscos, a melarsomina é injetada em associação a outros fármacos. O antibiótico doxiciclina, da classe das tetraciclina, é usado de maneira prévia ao tratamento adulticida, com o objetivo a eliminação das bactérias *Wolbachia*, endossimbiontes, que são cruciais nos processos fisiológicos dos filarídeos. Sua eliminação é capaz de enfraquecer os parasitos adultos e diminuir os processos inflamatórios decorrentes de sua morte. Ainda, a ivermectina, que consiste em um antiparasitário de amplo espectro, é geralmente empregada de maneira contínua, para agir sobre as microfilárias circulantes, de modo a promover uma gradual redução da parasitemia (Morhead *et al.*, 2023).

Ainda que apresente eficácia reconhecida, tal protocolo sofre limitações no Brasil, devido a melarsomina não apresentar registro pelos órgãos reguladores brasileiros, além disso, a medicação apresenta um elevado custo, o que faz do tratamento inacessível para parcela da população. Além disso, o protocolo exige que seja realizado acompanhamento veterinário de maneira contínua, além de uma infraestrutura adequada para que sejam controlados efeitos adversos que possam surgir decorrentes do tratamento, tais como problemas respiratórios agudos, reações no local de aplicação e alterações comportamentais. Ainda assim, se executado de maneira cautelosa, o protocolo convencional propicia os melhores resultados clínicos na atualidade (Jacobson; DiGangi, 2021).

Protocolos terapêuticos alternativos

Destaca-se o uso combinado de doxiciclina e ivermectina a longo prazo, protocolo conhecido como “slow-kill” ou “protocolo de morte lenta”, que visa a eliminação gradual de parasitos adultos, ao passo em que reduz a microfilaremia e os prejuízos da inflamação associada à infecção (Carvalho *et al.*, 2023).

A doxiciclina é administrada por via oral, na dose de 10mg/kg por um período de quatro semanas, e tem como principal função o comprometimento da viabilidade reprodutiva dos parasitos, através da erradicação das bactérias simbiotes *Wolbachia*. Já a ivermectina é administrada por via oral de maneira mensal, com o objetivo de causar a supressão das microfilárias e a morte lenta dos parasitos adultos. Ainda que não promova a eliminação dos parasitos com a mesma rapidez e eficiência que o protocolo com melarsomina, esse tratamento alternativo apresenta boa resposta clínica em animais assintomáticos ou com quadros leves a moderados (Dall’agnol, 2022).

Outro protocolo alternativo que tem ganhado destaque é o uso de doxiciclina associada à moxidectina de liberação prolongada, a qual consiste em uma milbemicina, que possui atividade antiparasitária prolongada, administrada por via oral de maneira mensal ou via subcutânea com proteção de até 12 meses, com eficácia contra microfilárias e larvas de *Dirofilaria immitis*. O fato de a

medicação apresentar ação lenta apresenta benefícios como uma melhor adesão dos tutores à terapêutica, além de proporcionar efeito contínuo, o que é útil, principalmente, em áreas onde o acesso à Medicina Veterinária de maneira regular é difícil. O uso combinado com doxiciclina potencializa os efeitos do tratamento, e reduz de maneira progressiva a carga parasitária e auxilia no controle dos sinais clínicos (Chocobar *et al.*, 2024).

Porém, os protocolos alternativos apresentam limitações importantes. O período prolongado necessário para obter resposta com o tratamento pode permitir que os parasitos adultos provoquem lesões irreversíveis no sistema cardiovascular dos cães. Ainda, a estadia dos parasitos no organismo por períodos prolongados mantém o risco de o paciente desenvolver reações inflamatórias tardias e embolia pulmonar. Apesar disso, esses protocolos são considerados viáveis e cruciais em locais onde o acesso à melarsomina é limitado, desde que seja possível o acompanhamento veterinário adequado, com a realização de exames regulares e avaliação clínica de maneira criteriosa (Leal; Anjos, 2023).

Comparação entre protocolos: efetividade, segurança e tempo de recuperação

A comparação entre os protocolos de tratamento disponíveis no território nacional mostra diferenças significativas em relação à segurança, eficácia e ao tempo de recuperação dos doentes. O protocolo convencional, com uso de melarsomina, apresenta altas taxas de sucesso na erradicação de parasitos adultos. A rápida eliminação da carga de parasitos impede a progressão das lesões cardíacas e pulmonares, o que melhora significativamente o prognóstico dos cães afetados. Porém, o uso desse protocolo se associa a riscos elevados de complicações agudas, principalmente se o paciente não permanecer por repouso rigoroso durante o período de tratamento (Silva *et al.*, 2024).

Por outro lado, os protocolos de tratamento alternativos, como a associação entre doxiciclina com moxidectina ou ivermectina, promovem uma abordagem com maior segurança em relação ao surgimento de reações adversas imediatas, contudo, necessitam de maior tempo de terapia para obtenção de bons resultados. A eficácia varia, ainda, a depender das condições clínicas iniciais do cão afetado, da adesão à terapêutica e da frequência do acompanhamento veterinário. Por serem menos agressivos, tais protocolos permitem que os parasitos vivam por tempo mais prolongado no organismo, o que pode piorar as lesões cardiovasculares e comprometer a recuperação total do animal (Jacobson; DiGangi, 2021).

Em relação à segurança, geralmente os protocolos alternativos apresentam melhor tolerância, com incidência reduzida de efeitos colaterais graves. Por sua vez, a melarsomina, ainda que apresente maior eficácia, necessita de maiores cuidados e suporte clínico, visto seu potencial de causar tromboembolismo e reações inflamatórias. Devido a isso, torna-se individualizada a escolha do protocolo ideal a ser utilizado, ao considerar as condições clínicas do animal, a gravidade do quadro, a experiência do profissional que o assiste, além da disponibilidade dos medicamentos e a situação financeira do tutor (Leal; Anjos, 2023).

Assim, embora a melhor alternativa para a erradicação dos parasitos seja o protocolo com melarsomina, os esquemas alternativos apresentam um papel crucial na prática clínica, principalmente em áreas com limitações estruturais. Ambas as terapias exigem um acompanhamento periódico, avaliações regulares através de exames laboratoriais e de imagem e, também, de um plano educacional contínuo dos tutores, acerca da importância da realização do tratamento completo e da prevenção futura da enfermidade (Silva *et al.*, 2024).

Tabela 1- Comparação entre o protocolo convencional x alternativo

ASPECTO	CONVENCIONAL	ALTERNATIVO
EFICÁCIA	ALTA, ELIMINAÇÃO RÁPIDA DOS PARASITOS ADULTOS	MODERADA, ELIMINAÇÃO LENTA
SEGURANÇA	MAIOR RISCO DE REAÇÕES ADVERSAS	MELHOR TOLERÂNCIA CLÍNICA
TEMPO	CURTO	PROLONGADO
CUSTO E ACESSO	ELEVADO, RESTRITO	MAIS ACESSÍVEL

Fonte: Próprio autor.

ANÁLISE DOS ESTUDOS REVISADOS

A análise dos estudos demonstrou que os protocolos de tratamento contra a dirofilariose em cães usados no Brasil apresentam diferenças relevantes quanto à segurança clínica, eficácia, viabilidade de aplicação e tempo necessário para recuperação. O protocolo convencional, que utiliza a melarsomina associada à ivermectina e doxiciclina, mostrou-se mais eficaz na eliminação de parasitos adultos, alcançando taxas altas de sucesso clínico, quando executado corretamente, principalmente em quadros de infecções moderadas a graves (Lopes *et al.*, 2024).

Esse protocolo promove a morte parasitária de maneira acelerada, havendo redução no tempo de exposição do paciente às lesões endoteliais causadas pela exposição aos parasitos (Morhead *et al.*, 2023). Porém, segundo afirma Dall’agnol (2022), a aplicação da melarsomina necessita de acompanhamento rigoroso quanto às condições clínicas do paciente, além de absoluto repouso e monitoramento contínuo, uma vez que eventos tromboembólicos podem acontecer, principalmente depois que os parasitos morrem. Ainda, segundo Silva *et al.* (2019), a administração prolongada de ivermectina pode ocasionar alterações neurológicas discretas, incluindo ataxia e tremores, enquanto o uso prolongado da doxiciclina está associado a distúrbios gastrointestinais, como diarreia e vômitos, além de possíveis alterações hepáticas, decorrentes do acúmulo do fármaco no organismo do animal.

Por outro lado, protocolos alternativos, com base na associação de doxiciclina com moxidectina de liberação prolongada e ivermectina foram citados de maneira ampla na literatura como escolhas alternativas em quadros nos quais a melarsomina não é uma opção disponível. Tais esquemas causam a morte progressiva dos parasitos em fase adulta, com gradual redução da carga parasitária, porém o tratamento, nestes quadros, pode ultrapassar o período de seis meses, exigem, avaliações clínicas frequentes e adesão dos tutores ao plano de tratamento (Chocobar *et al.*, 2024).

Ao considerar a segurança clínica, os protocolos alternativos se mostram mais estáveis, visto que reduzem os riscos do animal apresentar reações inflamatórias agudas, além de graves complicações respiratórias. Contudo, o período prolongado no qual os parasitos permanecem no sistema cardiovascular propicia com que a inflamação tecidual e o risco do surgimento de tromboembolismo estejam ativos, além de permitir o avanço das lesões pulmonares e endoteliais. A manutenção do quadro infeccioso por tempo prolongado também compromete a recuperação funcional do animal, mesmo após a erradicação dos parasitos (Silva; Santos, 2022).

Ainda, apesar da importância clínica do tema, a literatura é escassa acerca de estudos controlados, principalmente em relação à padronização de protocolos e à avaliação de maneira longitudinal dos desfechos clínicos. Grande parte dos trabalhos são representados por estudos obser-

vacionais que apresentam limitações metodológicas ou são relatos de caso, o que dificulta com que seja realizada uma metanálise conclusiva acerca da superioridade de um protocolo sobre o outro. Isso reforça a necessidade da realização de pesquisas que avaliem tanto a eliminação dos parasitas quanto o impacto das terapias na qualidade de vida, em recidivas e em sequelas que os pacientes podem apresentar (Silva, 2019).

A discussão dos resultados aponta para a importância do tratamento individualizado em cada caso. O sucesso da terapia depende não somente da seleção do protocolo, mas também em qual estágio a infecção se encontra, além da resposta do sistema imunológico do animal, da presença de outras comorbidades e da adesão dos tutores às estratégias de tratamento recomendadas. Em casos leves ou em animais com restrição ao uso da melarsomina, mostra-se fundamental o papel dos protocolos alternativos, desde que acompanhados adequadamente. Já em quadros mais avançados, ainda que mais exigente e oneroso, o protocolo convencional proporciona desfechos clínicos melhores (Dias *et al.*, 2025).

CONCLUSÃO

Portanto, conclui-se que, ainda que o protocolo com melarsomina se configure a terapia com maior eficácia, os protocolos alternativos representam outra via de tratamento segura e viável em contextos específicos da realidade do Brasil, ainda que sejam exigidos acompanhamento regular e maior tempo de terapia, tal esquema apresenta eficácia no controle da carga parasitária e na estabilização do quadro clínico do paciente, desde que haja um monitoramento adequado do caso. A decisão do protocolo deve levar em consideração não somente os dados técnicos, como também as condições econômicas, clínicas e estruturais envolvidas no caso de cada paciente.

A análise dos trabalhos evidenciou, ainda, a necessidade de ampliação das pesquisas acerca do tema, com foco na avaliação a longo prazo do desfecho dos animais submetidos aos protocolos de tratamento e no estudo do impacto dos diversos tratamentos para a recuperação funcional e na prevenção do surgimento de recidivas. Essas informações são cruciais para oferecer subsídios em decisões clínicas com base em evidências científicas e na promoção de avanços no tratamento da dirofilariose.

Em virtude do exposto, reforça-se a necessidade de ampliar a conscientização dos tutores quanto às medidas preventivas contra a dirofilariose. A prevenção baseia-se principalmente no uso regular de profiláticos específicos, como lactonas macrocíclicas (ivermectina, milbemicina oxima, moxidectina e selamectina), na realização de exames sorológicos periódicos e na adoção de ações voltadas ao controle do vetor, incluindo o uso de repelentes e a redução de criadouros de mosquitos da doença, principalmente através da realização de exames periódicos e do controle da transmissão da dirofilariose por meio do tratamento dos animais infectados. Assim, a combinação entre prevenção adequada, diagnóstico precoce e o tratamento adequado, mostra-se a estratégia com maior eficiência na preservação da saúde dos animais e na contenção dos avanços dessa zoonose.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Thamires Rezende. **Aspectos epidemiológicos e análise geoespacial de *Dirofilaria immitis* e *Acanthocheilonema reconditum* em cães de municípios do Estado do Rio de Janeiro.** 2024. 73 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) — Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Veterinária, Seropédica, 2024.

BARBOSA, Suellen de Araújo. **Detecção e aspectos epidemiológicos de filarídeos em cães na região metropolitana de São Luís – MA**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2021. Orientadora: Prof^a Dr^a Andréa Pereira da Costa.

BENDAS, Alexandre José Rodrigues; ALBERIGI, Bruno; GALARDO, Suzane; LABARTHE, Norma; MENDES-DE-ALMEIDA, Flavya. Achados clínicos e de hemograma em cães naturalmente infectados por *Dirofilaria immitis*. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 44, e001922, 2022. DOI: 10.29374/2527-2179.bjvm001922.

BEZERRA, Lorena Santos; LIMA, Glenda Roberta Freire; ARAÚJO, Vitória Maria Jorge de; TEIXEIRA, Germano Gonçalves; COELHO, João Marcelo Alves; FARZAT, Flavia de Azevedo; OLIVEIRA, Elana da Silva; PINHEIRO, Vitória Costa; MENDES, Adriane Luzia Da Silva; RAMIRES, Paola; SILVA, Isaac Neto Goes da; PINHEIRO, Breno Queiroz; RODRIGUES, Victor Hugo Vieira. Perfil epidemiológico, hematológico e bioquímico em cães com *Dirofilaria* sp. no Ceará. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, e23010817252, 2021.

CARVALHO, Mateus Pires de; VASCONCELOS, Thereza Cristina; MONTEIRO, Liliane Maria Valentim Willi; KNACKFUSS, Fabiana Batalha; SILVA, Fabrícia Souza Azevedo da. *Dirofilariose* ectópica em um paciente canino assintomático: relato de caso. **Pubvet**, [S.l.], v. 15, p. 3363, 2023.

CHOCOBAR, Marianna Laura Elis; SCHMIDT, Elizabeth Moreira dos Santos; WEIR, William; PANARESE, Rossella. Distribuição, diversidade e controle da dirofilariose no Brasil: uma revisão abrangente. **Animals**, v. 14, n. 17, p. 2462, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani14172462>.

CORREA, Kariny Maria; CORREA, Kariny Maria; MELO, Cristiane Maria Fernandes de. Aspectos clínicos e laboratoriais da dirofilariose em cães. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, [S. l.], v. 4, n. 3, 2023. DOI: 10.51161/clinvet2023/28361.

DALL'AGNOL, Thaísa. **Dirofilariose (*Dirofilaria immitis*) canina no município de Niterói, Rio de Janeiro: relato de caso**. 2022. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Coordenadoria Especial de Biociências e Saúde Única, Curitibanos, 2022.

DELLING, Gabriela Fernanda. **Dirofilariose em cão da raça pinscher no município de Joinville – SC: relato de caso**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2019. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Oliveira Tavela.

DIAS, Lucas Castanhola; VASCONCELOS, Victor Felipe Cavalcantes; DANIN, Amanda Paula Ferreira. Achados anatomopatológicos e histopatológicos em cão com dirofilariose – relato de caso. In: BROLIO, Marina Pandolphi (org.). **Tópicos em Ciência Animal**– Volume 4. Belo Horizonte: Poisson, 2025. Cap. 7, p. 39–41. DOI: 10.36229/978-65-5866-483-3.CAP.07.

HOLANDA, Letícia Soares; TRAJANO, Camila Castelo; PETELINKAR, Máyra Carvalho; SAMPAIO JUNIOR, Francisco Humberto Marques; TAVARES, José Ryan Ribeiro; COLARES, Julia Carrah; RODRIGUES, Victor Hugo Vieira; MENDES, Adriane Luzia Da Silva; PINHEIRO, Breno Queiroz. *Dirofilaria immitis* em cães: revisão de literatura. In: **Atualidades na Saúde e Bem-Estar Animal**. Fortaleza: In Vivo, 2020. p. 72–83. ISBN 978-65-991243-2-7. DOI: 10.47242/978-65-991243-2-7-72.

JACOBSON, Linda S.; DIGANGI, Brian A. An Accessible Alternative to Melarsomine: “Moni-Doxy” for Treatment of Adult Heartworm Infection in Dogs. **Frontiers in Veterinary Science**, [S. l.], v. 8, p. 702018, 2021. DOI: 10.3389/fvets.2021.702018.

JADJESCKI, Caio Alexssander Ramiro; DE AGUIAR, Trystan Nascimento; POLA, Marisa Zoppi; CASTIGLIONI, Sabrina; BINS, Isac Orlando Gasperazzo; TEIXEIRA, Mariana Caetano;

COTA, Jessica Miranda; PEREIRA, Clairton Marcolongo. *Dirofilariose canina no litoral norte do Espírito Santo: relato de caso*. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, [S. l.], v. 6, p. 1187–1195, 2023. DOI: 10.34188/bjaerv6n2-019.

LEAL, Clecianny Barbosa; ANJOS, Vanessa Kely Silva dos. **Remoção cirúrgica da *Dirofilaria immitis* utilizando a técnica de atriotomia direita: revisão de literatura**. 2023. 18 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Centro Universitário Brasileiro–UNIBRA, Recife, 2023.

LIMA, Uisley Sales de Azevedo; SANTOS, Gleidson Ricardo dos; FONSECA, Julia Lemos de; SILVA, Anselmo Pereira da; OLIVEIRA, Lucas Barbosa de; ALMEIDA, Joana Ferreira de; COSTA, Mariana Alves da. *Dirofilariose canina: revisão de literatura*. In: **VII Colóquio Técnico Científico de Saúde Única, Ciências Agrárias e Meio Ambiente**, 2021, Brasil. Anais... Belo Horizonte: Doity, 2021.

LOPES, Fernanda Ribeiro; SILVA, Ana Julia Toledo; GARCIA, Bianca Giroto; MAGALHÃES, Thais Vandramini. *Tratamento para dirofilariose canina: revisão de literatura*. **Anais FAEF**, 2024.

MACHADO, Carine; SILVA, Dayane Borda da. **Prevalência da *Dirofilaria immitis* em cães no Brasil: uma revisão de literatura**. 2022.

MOORHEAD, Andrew R.; EVANS, Christopher C.; SAKAMOTO, Kaori; DZIMIANSKI, Michael T.; MANSOUR, Abdelmoneim; DICOSTY, Utami; FRICKS, Crystal; MCCALL, Scott; CARSON, Ben; NELSON, C. Thomas; MCCALL, John W. *Effects of doxycycline dose rate and pre-adulticide wait period on heartworm-associated pathology and adult worm mass*. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 17, n. 8, e0010979, 2023.

PEROBA, Stéfani Cosme; SPERANDIO, Natânia do Carmo; MARTINS, Isabella Vilhena Freire. *Identificação e diferenciação morfológica de microfírias no sangue de cães do Espírito Santo*. **Pubvet**, v. 16, n. 3, a1075, p. 1–6, mar. 2022. DOI: 10.31533/pubvet.v16n03a1075.1-6.

SILVA, Bruno Ricardo Soares Alberigi da. **Avaliação clínica e eficácia da associação de moxidectina de liberação lenta e doxiciclina no tratamento de cães naturalmente infectados com *Dirofilaria immitis***. 2019. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências – Ciências Clínicas) – Instituto de Veterinária, Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária (Patologia e Ciências Clínicas), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.

SILVA, Isabella Soares da; SANTOS, Luana de Carvalho. **Identificação de anticorpos contra a dirofilária em cães residentes do Distrito Federal**. Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro Universitário de Brasília – CEUB, Brasília, 2022. Orientação: Lucas Edel Donato.

SILVA, Larissa de Oliveira; CHUCRI, Thaís Martins; BARBOSA, André Luiz Silva. *Dirofilariose em cães*. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 10, n. 4, p. 1-21, 2024. DOI: 10.34117/bjdv10n4-047.

SUHETTI, Weslem Garcia; SANTOMAURO, Rafael Alves; CASIMIRO, Maria Eliza de Paula Monteiro de Castro; LACHNER, Daniela; RODRIGUES, Daiane de Jesus; FERREIRA, Mariana de Jesus; PINTO-FERREIRA, Fernanda. *Possível caso autóctone de dirofilariose em cão residente de Cambé, norte do Paraná: relato de caso*. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, [S. l.], v. 25, n. 2conv, 2022. DOI: 10.25110/arqvet.v25i2conv.2022.8868.

Capítulo 4

SITUAÇÃO EPIDEMIOLÓGICA DE *RICKETTSIAS* SP. DO GRUPO FEBRE MACULOSA EM HUMANOS E PEQUENOS MAMÍFEROS NO BRASIL

Epidemiological status of spotted fever group RickettsiaS SP. do grupo febre maculosa em humanos e pequenos mamíferos no Brasil

Nicolas Jalowitzki de Lima

Egresso do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Raquel Loren dos Reis Paludo

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: A febre maculosa brasileira vem ao longo das últimas décadas demonstrando um crescente potencial reemergente, sendo causada por uma bactéria gram negativa e infecciosa, é transmitida por carrapatos do gênero *Amblyomma*. Esses carrapatos podem parasitar uma vasta gama de mamíferos incluído o ser humano que acaba sendo hospedeiro acidental no ciclo da doença, podendo sofrer com os sintomas e tendo casos evoluindo a óbito quando não tratados, afeta principalmente populações rurais devido ao constante contato com áreas de mata com presença de carrapatos infectados com a bactéria *Rickettsia rickettsii* ou *R. parkeri*. Com o aumento constante de casos e óbitos confirmados nos últimos anos, o agravo vem chamando atenção para políticas de vigilância em saúde e pesquisas na área. Com isso esse trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a situação epidemiológica das riquetsioses do grupo febre maculosa no Brasil, levando em consideração pesquisas que demonstram presença em animais hospedeiros com potencial amplificador ou não, para o presente trabalho foram consultadas as principais bases de pesquisa como plataforma CAPES, Scielo, PubMed, Google Acadêmico entre outros, visando trabalhos atuais e publicados em periódicos com boa classificação no Qualis, assim como dados expedidos por órgãos governamentais com fontes confirmadas. Em conclusão é possível notar a partir das informações contidas no trabalho, que novos animais estão sendo considerados hospedeiros amplificadores, e que estados antes considerados indenes para presença de febre maculosa, agora possuem casos suspeitos e animais soropositivos para o agente, também é possível concluir que alertar as populações mais vulneráveis é extremamente importante, pois ao surgimento dos primeiros sintomas o tratamento é extremamente necessário para evitar a evolução e o óbito.

Palavras chaves: Epidemiologia. Riquetsioses. Saúde Publica.

Abstract: Brazilian spotted fever has over the last decades showing a growing re-emergence potential, being caused by a gram negative and infectious bacterium, transmitted by ticks of the genus *Amblyomma*. These ticks can parasitize a wide range of mammals including humans who end up being an accidental host in the disease cycle, may suffer from the symptoms and have cases progressing to death when untreated, mainly affecting rural populations due to constant contact with forest areas with the presence of ticks infected with the bacterium *Rickettsia rickettsii* or *R. parkeri*. With the constant increase in confirmed cases and deaths in recent years, the problem has been drawing attention to health surveillance policies and research in the area. Thus, this work aims to carry out a literature review on the epidemiological situation of spotted fever group rickettsioses in Brazil, taking into account research that demonstrates the presence in host animals with amplifier potential or not, for this work the main databases were consulted. research such as CAPES platform, Scielo, PubMed, Academic Google among others, seeking current and published works in journals with good classification in Qualis, as well as data sent by government agencies with confirmed sources. In conclusion, it is possible to note from the information contained in the work, that new animals are being considered amplifier hosts, and that states that were previously considered immune to the presence of spotted fever now have suspicious cases and animals seropositive for the agent, it is also possible to conclude that alerting the most vulnerable populations is extremely important, as the onset of the first symptoms, treatment is extremely necessary to prevent progression and death.

Keywords: Epidemiology. Rickets. Public Health.

INTRODUÇÃO

Riquetsioses são doenças causadas por bactérias da família *Rickettsiaceae*, essas bactérias são microrganismos gram-negativos intracelulares obrigatórios, são transmitidas por vetores, em sua grande maioria carrapatos, e tem grande importância na saúde pública brasileira por serem zoonoses, a exemplo das doenças do grupo da febre maculosa (Brasil, 2019). Outras riquetsioses causadas por bactérias do gênero *Ehrlichia* spp. e *Anaplasma* spp. também tem importância na medicina humana e na medicina veterinária, porém os microrganismos do gênero *Rickettsia* spp. são os de maior interesse para saúde pública, por causarem agravos relacionadas as doenças do grupo tifo e do grupo da febre maculosa (GFM) e também por terem os maiores números de infecção em humanos (CDC, 2020).

As riquetsias do grupo febre maculosa, estão distribuídas por quase todo o continente americano, sendo mais proeminentemente presente no Canadá, Estados Unidos da América, Mexico, Costa Rica, Panama e no Brasil (Parolla *et al*, 2013). Sendo observadas e identificadas nos Estados Unidos da América (EUA) pela primeira vez, mais especificamente no estado de Idaho no final do século XIX, e foi nomeada de Febre Maculosa das Montanhas Rochosas, devido aos seus sinais clínicos característicos e pela geografia do local onde foram identificadas (Ricketts, 1909).

Desde que foram identificadas as riquetsias, novos casos de riquetsioses surgem em diferentes partes do globo. No velho mundo, diferentes agentes do gênero *Rickettsia* spp. como a *R. africae*, *R. akari*, *R. prowazekii*, *R. typhi* são as principais responsáveis pelas casuísticas de doenças maculopapulares e febre do tifo em humanos, ocorrendo (porém não se limitando) nos continentes Europeu, Africano e Asiático (CDC, 2020). Já no continente americano, a riquetsiose de maior importância é a Febre Maculosa das Montanhas Rochosas ou como é conhecida no Brasil, Febre Maculosa Brasileira (FMB), que é causada pelas bactérias *R. rickettsii* e *R. parkeri*, agentes pertencentes ao GFM, sendo sua forma com sintomas mais brandos advindos da infecção por *R. parkeri*. Os casos de FMB acontecem em diversos países da América do Norte, Central e do Sul, ocorrendo prevalentemente no Brasil, Argentina, EUA, Canadá, Panamá, México, Colômbia e Costa Rica (Parolla *et al*, 2013).

Caracterizada por exantemas maculopapulares, com sintomas progressivos e tendo *R. rickettsii* como principal agente envolvido na patogenia da doença, a FMB se tornou a riquetsiose de maior importância na saúde pública brasileira, não somente devido ao agravamento da enfermidade e a ausência do tratamento, como também a ampla distribuição geográfica do vetor, carrapatos do gênero *Amblyomma* spp. que estão distribuídos por diversos territórios e biomas brasileiros (Labruna, 2009).

No Brasil, casos de febre maculosa ocorrem em diversos estados, entretanto a maior casuística é nos estados da região sul e sudeste do país, que parecem ocorrer de forma esporádica, principalmente em homens na faixa etária de 20 a 49 anos, que entraram em contato com o vetor através de animais domésticos ou animais selvagens parasitados, ou que frequentaram áreas de mata e rio, entretanto, 10% dos casos ocorrem em crianças menores de 9 anos de idade (Brasil, 2019).

Em animais, as riquetsias podem estar presentes tanto no meio antroponótico, sendo transmitidas por carrapatos presentes nos cães e nos equídeos em propriedades rurais próximas as áreas de mata, o que torna o ser humano um hospedeiro acidental, devido ao contato com esses animais parasitados (Brasil, 2021). E no meio enzoótico, o vetor realiza seu ciclo de vida transmitindo a bactéria para diferentes espécies de mamíferos selvagens, mostrando, assim baixa especificidade para ectoparasitismo. No entanto capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), pequenos roedores

e algumas espécies de marsupiais têm maior importância por participarem no ciclo das riquetsias como hospedeiros amplificadores da doença (Moraes-Filho, 2017).

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre a situação epidemiológica das riquetsioses do grupo febre maculosa e de seus respectivos hospedeiros no Brasil. Devido à sua maior importância na saúde pública e por estarem associadas aos carrapatos, tendo como foco a infecção de pequenos mamíferos e humanos. Além do que, ressaltar a importância da vigilância epidemiológica, ações de profilaxia e controle tanto dos vetores, quanto das riquetsioses que esses possam transmitir. E ainda, corroborar com dados epidemiológicos presentes na literatura, bem como, boletins epidemiológicos sobre pesquisas realizadas em áreas endêmicas e indenes para febre maculosa brasileira.

METODOLOGIA

Este trabalho é uma revisão bibliográfica realizada através de pesquisas nas principais base de dados (SciELO, Google Acadêmico, PUBMED, plataforma CAPES), juntamente com levantamentos do Ministério da Saúde – DATASUS - Sistema de Agravos e Notificação (SINAN-NET) e de guias de vigilância sanitária elaboradas por órgãos de saúde competentes com interesse em febre maculosa brasileira.

Os critérios para seleção de trabalhos, pesquisas e artigos usados como referência para o presente trabalho foram:

- Ano de publicação, visando trabalho atuais e publicados em revistas com boa classificação no Qualis
- Relevância para o assunto abordado, pensando em autores bem-conceituados em pesquisas do tema referente ao trabalho.
- Dados expedidos por órgãos governamentais responsáveis por levantamentos epidemiológicos de agravos.

Também foram discutidos pontos importantes para a compreensão e prevenção da doença, a fim de reforçar a necessidade de mais pesquisas e dados sobre o curso da doença no Brasil e no estado de Goiás.

Além disso é abordado no trabalho a importância de projetos de conscientização para populações rurais sobre a doença, sinais clínicos e a urgência do tratamento no aparecimento dos primeiros sintomas, devido ao crescente aumento da casuística do agravo em zonas rurais e periurbanas.

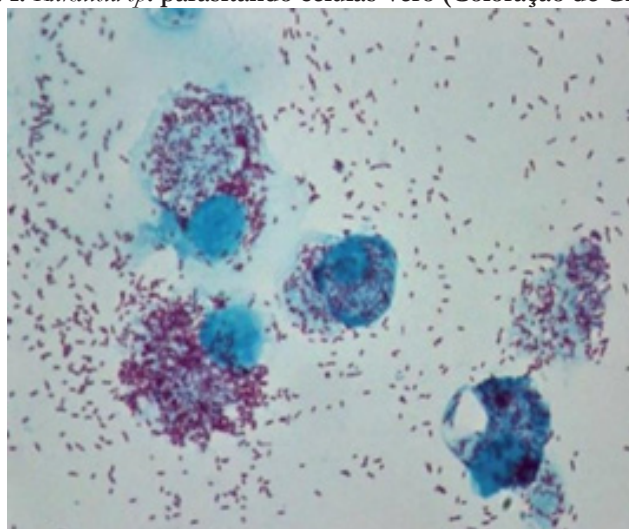
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Etiologia

Riquetsias são bactérias Gram-negativas intracelulares obrigatórias, pertencentes ao Filo Proteobactérias, Classe Alphaproteobactérias, Ordem *Rickettsiales*, Família *Rickettsiaceae* e Gênero *Rickettsia* (Garrity, 2004) (Fig.1). São bacilares e nos artrópodes possuem tropismo por células dos ovários e glândulas salivares, porém, também podem parasitar células intestinais e da hemolinfa, em animais vertebrados as células alvo são células do endotélio vascular, podendo assim atingir outros

tecidos pela corrente sanguínea (Quinn, 2005).

Figura 1: *Rickettsia* sp. parasitando células Vero (Coloração de Gimenez)



Fonte: Oteo, J. A. *et al.* Latinamerican guidelines of RIICER for diagnosis of tick-borne rickettsioses. Rev Chilena Infectol. p. 58. Cap. 31. 2014.

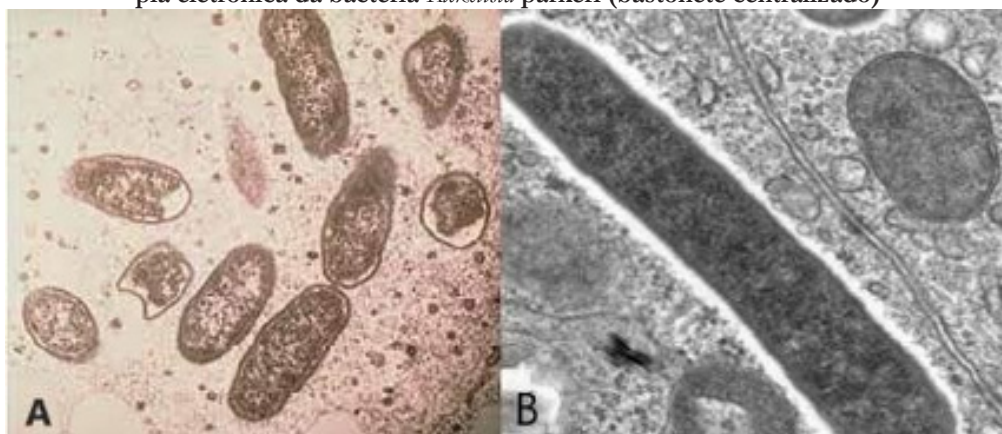
Estudos Filogenéticos classificam cinco grupos principais de *Rickettsia spp.* sendo o grupo da febre maculosa (GFM), grupo tifo epidêmico (GT), grupo transicional e grupo ancestral. Sendo o GFM é o de maior importância na saúde pública brasileira, pois das mais de 20 espécies de *Rickettsia spp.* de ocorrência mundial relacionadas a carrapatos, em território brasileiro existem duas circulantes e com alto potencial patogênico em humanos, que são a *R. rickettsii* e *R. parkeri* (CDC, 2006).

A *R. rickettsii* é infecciosa e transmitida por artrópodes, principalmente por carrapatos do gênero *Amblyomma*, possui sintomas variados, sendo que o mais característico é o surgimento de maculas na pele próximas ao local da picada (Angerami *et al*, 2012) e têm altas taxas de letalidade podendo chegar a 55% em áreas endêmicas, quando não tratadas (Oliveira *et al*, 2016) (Fig.2).

A *R. parkeri*, também relacionada a FMB, é caracterizada pelos sintomas de febre aguda, adenopatia regional e escara necrótica de inoculação no local do repasto sanguíneo, porém não letal (Faccini-Martinez *et al*, 2014) (Fig.2).

De acordo com Nieri-Bastos e colaboradores (2018) existem quatro cepas de *R. parkeri*, sendo elas cepa *R. parkeri*, cepa da mata-atlântica, cepa NODE cepa *parvitarsum*, três estão presentes no Brasil e duas são patogênicas a seres humanos (cepa mata-atlântica e *R. parkeri*).

Figura 2: A- Microscopia eletrônica da bactéria *Rickettsia rickettsii* (quatro bastonetes próximos) B- Microscopia eletrônica da bactéria *Rickettsia parkeri* (bastonete centralizado)



Fonte: A: Greca H. *et al* BRAZILIAN SPOTTED FEVER: A REEMERGENT ZOOONOSIS (2007); B: fonte: Pad-dock. C.D. Isolation of *Rickettsia parkeri* and Identification of a Novel Spotted Fever Group *Rickettsia sp.* from Gulf Coast Ticks (*Amblyomma maculatum*) in the United States (2010).

Vetores

Define-se como vetor o artrópode que carrega organismos capazes de causar uma doença para um hospedeiro vertebrado (Guimarães *et al*, 2001), sendo os principais vetores da enfermidade os carrapatos pertencentes ao Filo Arthropoda, Subclasse Acari, Classe Arachnida, Subclasse Parasitiformes, Ordem Ixodida (Vieira, 2004). Das três famílias catalogadas (Argasidae, Nuttalliellidae e Ixodidae), somente a família Ixodidae tem importância para FMB, onde o gênero *Amblyomma* pertence taxonomicamente (Martins *et al*. 2014).

No Brasil muitas espécies do gênero *Amblyomma* são relacionadas a transmissão da *R. rickettsii* e *R. parkeri*, porém os carrapatos da espécie *A. cajennense sensu strictu.*, *Amblyomma ovale*, *Amblyomma aurealatum* e o *Amblyomma sculptum* (complexo *cajennense*) são os de maior importância na vigilância epidemiológica, pois são os mais associados na participação de ciclos epidêmicos de riquetsias patogênicas (Szabó *et al*, 2013). Além disso essas espécies são indiciadas com a maior ocorrência de picadas em humanos devido seu alto grau de antropofilia (Labruna *et al* 2014; Krawczak *et al*, 2014), e também aos maiores números de relatos de casos de FMB confirmados estão relacionados a estes carrapatos (Labruna *et al*, 2017).

Principais Vetores

Amblyomma sculptum

O *A. sculptum* faz parte das espécies que compõem o complexo *A. cajennense*, com uma abrangente ocupação no norte da Argentina, Bolívia e Paraguai, expandindo-se para os estados brasileiros do Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Espírito Santo, Bahia, Tocantins, Maranhão, Piauí e Pernambuco (Martins *et al*, 2016) (Fig.3).

Baixos índices pluviométricos e umidade baixa, são ideais para o desenvolvimento de populações desse carrapato, com isso, espécimes desta espécie é facilmente encontrada em áreas de Mata Atlântica degradada e biomas quentes e secos como o Cerrado (Szabo *et al*. 2013). Além disso a presença de hospedeiros primários susceptíveis como antas (*Tapirus terrestris*), Cavalos (*Equus caballus*) e capivaras (*H. hydrochaeris*), são importantes para a manutenção de populações desses car-

rapatos nas áreas de Cerrado e Mata Atlântica degradada (Pinter *et al.* 2011).

Figura 3: *Amblyomma sculptum* (macho)



Fonte: Oliveira. S.V.D. (2017) p.25.

Amblyomma aureolatum

Essa espécie de ixodídeo é encontrado comumente em florestas Atlânticas ombrófila densa, pois se adapta melhor a altos índices de umidade e de chuva e temperaturas estáveis (Mitsumori *et al.* 2016). Os principais hospedeiros do *A. aureolatum* são principalmente carnívoros, sendo possível encontrar na natureza esse carrapato parasitando canídeos selvagens e também em sua fase adulta aves passeriformes, inclusive durante o todas as estações do ano é possível encontrar esse parasito em cães domésticos (Saraiva *et al.* 2014) (Fig.4).

Figura 4: *Amblyomma aureolatum* (macho)



Fonte: Oliveira. S.V.D. (2017) p.25.

Amblyomma ovale

A. ovale parece ser o principal vetor envolvido no ciclo epidêmico de *R. parkeri* cepa Mata Atlântica, alimentando-se de cães residentes a localidades próximas de áreas naturais de Mata Atlântica nos estados do Ceará, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Dessa forma os cães podem atuar como hospedeiros amplificadores dos carrapatos da mata para o ambiente antrópico, facilitando assim o contato destes ixodídeos com humanos (Szabó *et al.* 2013) (Fig.5).

Conforme descrito por Krawczak *et al.* (2016), o agente infectante presente no *A. ovale* naturalmente é a *R. parkeri* cepa Mata Atlântica, e a natureza desse ixodídeo é expressamente selvagem

parasitando diversos animais em áreas naturais, porém se mostra bastante antropofílico e é passível de parasitismo em cães domésticos que estejam em contato com áreas de mata.

Figura 4: *Amblyomma ovale* fêmea



Fonte: Oliveira. S.V.D. (2017) p.25.

Amblyomma cajennense sensu strictu

Também sendo parte do complexo *cajennense*, esse carrapato até o ano de 2014 era reconhecido como só uma espécie, juntamente com o *A. sculptum* e outras quatro espécies de ixodídeos, porém uma reavaliação morfológica e molecular realizada por Nava e colaboradores (2014) redefiniu os parâmetros taxonômicos dessa espécie e nomeou o grupo formado por essas seis espécies de complexo *cajennense*, dessas espécies o *A. cajennense* s.s. pode ser encontrado por quase toda a extensão da América Latina, e inclusive em vários estados brasileiros (Martins *et al.* 2016). Carrapatos da espécie *A. cajennense* s.s., tem alto tropismo por humanos, é encontrado principalmente na floresta Amazônica (MARTINS *et al.*, 2016), sendo juntamente com o *A. sculptum* as duas espécies com maiores índices de picadas em humanos (Labruna, 2017).

A diferenciação morfológica desse carrapato para as demais espécies do complexo *cajennense* se dá através da abertura genital da fêmea (Nava *et al.* 2014)

Figura 5: *Amblyomma cajennense* s.s. fêmea



Fonte: Acervo Museu do carrapato EMBRAPA Gado de Corte, Mato Grosso do Sul.

Biologia dos Vetores

Os carrapatos do gênero *Amblyomma*, possuem um ciclo de vida trioxeno, ou seja, durante cada fase da vida (larval, ninfa e adulta) (Fig. 3), o carrapato precisa de um novo hospedeiro para realizar o repasto sanguíneo, e após o processo de alimentação, os carrapatos desprendem do hospedeiro e caem ao solo para que aconteça a ecdise. Durante este processo larvas se transformam em ninfas e ninfas em adultos. Após o repasto sanguíneo os machos adultos permanecem no hospedeiro para que possam encontrar fêmeas para copular, enquanto as fêmeas adultas ingurgitadas se desprendem do hospedeiro e no solo realizam a oviposição (Leon, 2019).

Figura 3: Diferentes instares ingurgitados de *Amblyomma sculptum*. L, com seta de linha contínua – indica uma larva ingurgitada. N, com seta pontilhada – indica ninfa ingurgitada. F, com seta em traços – indica uma fêmea ingurgitada (teleógina)



Fonte: Leon. A. P. *et al.* Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos Brasília, DF: Embrapa, v.1. cap. 2. p. 36. 2019.

O ciclo trioxeno do carrapato decorre aproximadamente durante 1 ano, sendo que nos meses de abril a julho durante o período seco, há uma predominância de larvas, nos meses de julho a outubro quando se inicia a época das águas há uma maior ocorrência de ninfas e os adultos são predominantes durante os meses mais quentes e úmidos, sendo o período entre outubro a março. Esse processo do ciclo de vida dos carrapatos depende do período de diapausa das larvas eclodidas entre outubro e março, que ao eclodirem permanecem no solo até o mês de março para sair da diapausa, e então começar o novo ciclo de vida do vetor (Fig.4) (Labruna, 2009).

Hospedeiros

De acordo com Labruna (2009) essas espécies de carrapatos podem parasitar diversos animais, como esses vetores possuem baixa especificidade para hospedeiros eles podem parasitar a maioria dos mamíferos presentes em diferentes biomas (Cerrado, Mata-Atlântica, Mata-Amazonica) incluído seres humanos, cavalos (*E. caballus*), capivaras (*H. hydrochaeris*) e antas (*T. terrestris*) sendo estes últimos considerados como seus hospedeiros principais, e por isso um desses animais deve estar presente no ambiente para que carrapatos do gênero *Amblyomma* se instaure em grandes populações.

Animais domésticos e silvestres estão frequentemente expostos a diferentes espécies de

carrapatos distribuídos no ambiente. Cães e equinos são considerados excelentes sentinelas da situação epidemiológica da FMB em determinadas regiões endêmicas. Os cães, por exemplo, podem ser parasitados por espécies como *A. aureolatum* e *A. ovale* em suas fases adultas, vetores de *R. rickettsii* e *R. parkeri* respectivamente (Barbieri *et al.* 2014; Krawczak, 2016).

Equinos podem ser parasitados por *A. sculptum* contudo não são capazes de realizar bacteremia para *R. rickettsii*, mostrando não ser um hospedeiro amplificador competente, porém os títulos de anticorpos aparecem até dez dias depois da infecção e podem ser detectados até dois anos após o contato com o agente (Ueno *et al.* 2016).

Cães podem soroconverter para *R. rickettsii* e apresentar títulos de anticorpos por longos períodos de tempo, além de poderem em alguns casos adoecerem devido ao agravo, e com isso representa um importante objeto para detecção de FMB em áreas endêmicas e não endêmicas, atuando como hospedeiro sentinela (Binder *et al.* 2021).

Hospedeiros Amplificadores

Hospedeiros amplificadores, são seres vivos que participam como reservatórios de doenças, tanto virais quanto bacterianas. Porém além de servirem como reservatório esses animais são capazes de aumentarem significativamente a circulação de patógenos, seja por fatores naturais como a realização de bacteremia/viremia por vários dias ou semanas, expondo os vetores por mais tempo a infecção pelos patógenos (Labruna, 2009) ou por interferência de fatores antroponótico, a exemplo da criação e a reprodução incontida de animais selvagens em fazendas e propriedades particulares, tornando essas áreas em locais prováveis de infecção (LPI's) (Nasser *et al.*, 2015).

DISCUSSÃO

A importância dos Hospedeiros amplificadores para a manutenção da FMB em ciclo enzoótico

Os carrapatos vetores da febre maculosa possuem baixa especificidade para hospedeiros, e quando infectados com *R. rickettsii* tendem a morrer devido a infecção, contudo ao parasitar animais com potencial amplificador permite que as bactérias persistam na natureza (Souza, 2009). Como é o caso da Capivara que é reconhecida como principal hospedeiro amplificadores da febre maculosa clássica, já que ao contrair o agente, realiza bacteremia (somente uma vez na vida, devido a eficiência em criar anticorpos contra os agentes da FMB) por aproximadamente 14 dias, permitindo que várias fases do carrapato contraíam o agente, e por se reproduzirem em larga escala, diversos animais em um bando podem realizar bacteremia simultaneamente e novas geração infectadas também realizarão (Ramírez-Hernández, 2020).

Também outras espécies de animais são indiciadas como hábeis amplificadores, tal como a espécie de marsupial *Didelphis aurita* popularmente conhecido como gambá de orelha preta, que de acordo com Horta *et al.* (2009) foi capaz de realizar bacteremia em infecções experimentais em laboratório sem desenvolver a doença, porém a taxa de infecção em carrapatos foi baixa nesse estudo. Diferentemente da pesquisa anterior, foram realizados no estado do Mato Grosso, coleta, processamento e análise de soro de 68 pequenos mamíferos, demonstrando que além de diversas espécies de roedores apresentando anticorpos contra *Rickettsia* S. SP. algumas espécies de marsupiais

também mostraram títulos de anticorpos altos contra agentes riquetsêmicos, além disso foi evidenciado altas taxas de infestação de ninfas e larvas nesses animais. Isso implica na possibilidade desses pequenos mamíferos estarem participando do ciclo de riquetsias como hospedeiros amplificadores na manutenção da infecção em fases imaturas do carrapato (Binder *et al*, 2017).

No Bioma de Mata Atlântica, além das capivaras outros mamíferos são suspeitos de participarem do ciclo das riquetsias, a título de exemplo os roedores da espécie *Euryoryzomys russatus* que foi evidenciado através de análises sorológicas, ser um hospedeiro amplificador eficiente para *R. parkeri*, principalmente para as fases de ninfas e larvais do carrapato *A. ovale* (Krawczak *et al.*, 2018).

Cães domésticos não eram totalmente reconhecidos como hospedeiros amplificadores, porém através de estudos de infecção experimental Binder *et al* (2021) demonstrou que esses animais foram capazes de realizar bacteremia para *R. rickettsii* e em áreas endêmicas podem servir como hospedeiros amplificadores para os carrapatos da espécie *A. aureolatum*, com altas taxas de infecção, sendo no estudo elucidado que 87% das fêmeas de carrapato ingurgitadas apresentavam DNA *Rickettsial*.

Entender a biologia e a relação dos vetores e dos hospedeiros é de grande importância para investigações epidemiológicas de zoonoses e agravos de importância para saúde pública e econômica, pois naturalmente existem diversas doenças em reservatórios animais e que são carregadas por carrapatos, o surgimento dessas doenças em áreas indenes e o súbito aumento de casos em áreas endêmicas pode significar um desequilíbrio na associação hospedeiro/vetor, e para evidenciar isso é necessários pesquisas sobre os hábitos naturais dos indivíduos envolvidos nas doenças (Dantas-Torres, 2012).

Situação Epidemiológica da FMB no Brasil

A partir de 2001 a febre maculosa tornou-se de notificação compulsória regulamentada pela portaria 1.943 de 18 de outubro de 2001. É uma doença de grande importância na saúde pública, devido as altas taxas de transmissão, principalmente entre pessoas que trabalham no campo, em sua grande maioria homens entre 25 e 60 anos, porém há também relatos de crianças infectadas (Angerami *et al.*, 2006, Oliveira *et al*, 2016).

De acordo com Oliveira *et al* (2016), No Brasil entre 2007 e 2015, 1.245 casos foram confirmados dentre 17.117 suspeitas, sendo a maioria nos estados de São Paulo (550, 44.2%) e Santa Catarina (276, 22.2%) de 12 estados confirmados. Dos infectados 70.9% são homens, e destes a maioria (43.3%) em áreas rurais e que tiveram contato com carrapatos. Já o sistema de agravos e notificação (SINAN) (2019) indica que entre os anos de 2000 e 2019 houve um aumento súbito de casos confirmados totalizando assim 2121 casos (Tabela 1).

Tabela 1: Número de casos confirmados de Febre Maculosa Brasileira por Região

REGIÕES NO BRASIL	CASOS DE 2000 - 2019	% REPRESENTATIVA DOS CASOS
REGIÃO NORTE	9	0,42%
REGIÃO NORDESTE	20	0,94%
REGIÃO SUDESTE	1.555	73,31%
REGIÃO SUL	514	24,23%
REGIÃO CENTRO OESTE	23	1,08%
BRASIL	2.121	

Fonte: SINAN, 2019.

A região Sudeste e Sul do país, se mostram com maiores casuísticas e óbitos em decorrência da febre maculosa, contudo, tanto a febre maculosa clássica causada pela *R. rickettsii* quanto a febre maculosa causada pela *R. parkeri* são contabilizadas e registradas da mesma forma, gerando uma lacuna no real valor dos dados sobre taxa de letalidade os respectivos agentes (Brasil, 2019)

O estado de São Paulo possui grande parte do seu território no bioma de Mata Atlântica, e nele está presente as espécies de carrapato *A. ovale* e *A. aureolatum* naturalmente infectadas com *R. parkeri* cepa Mata Atlântica (Krawczak, 2016). Sendo considerado endêmico para febre maculosa brasileira (Angerami, 2012) o estado tem os maiores números de casos registrados da doença juntamente com o número de óbitos que também é alto, em seguida o estado de Santa Catarina na região Sul do país, também possui altos valores de casuística e óbitos ocasionadas pela FMB, já os estados das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste são em sua grande maioria considerados indenes para a doença e não possuem valores significativos sobre a doença registrados nas bases de dados do Ministério da Saúde (Sinan, 2019).

Pesquisas recentes no Sudoeste Goiano, vem evidenciando cada vez mais a presença de riquetsias patogênicas e não patogênicas do bioma cerrado, como demonstrado por Martins *et al* (2016) no Município de Quirinópolis-GO, equinos soropositivos para *R. rickettsii* além de outras 4 espécies de riquetsias, assim obteve-se a primeira evidência de que essa bactéria possa estar em circulação em Goiás, e que esteja sendo mantida em ciclo enzoótico por algum animal adaptado às condições de hospedeiro amplificador ou ainda nas populações de capivaras nas regiões de mata do estado.

Em outro estudo, foram coletadas e testadas amostras sorológicas de 273 cães em diversas cidades pelo estado de Goiás para três antígenos de *Rickettsia spp* (*R. rickettsii*, *R. parkeri*, *R. belli*), destas 52 amostras testaram positivo para alguma das três, sendo 38 (73,07%) para *R. belli*, 12 (23,07%) para *R. rickettsii*, e um (1,93%) para *R. parkeri*, esses valores por si só validam uma baixa soroprevalência, porém o fato desses animais testarem positivos para essas riquetsioses demonstram que em algum momento de suas vidas esses cães entraram em contato com o vetor e foram infectados pelo antígeno, demonstrando possivelmente a circulação do agente no Cerrado (Neves *et al*, 2020).

Nesse sentido evidências que mostram a presença de riquetsias patogênicas a humanos em circulação no Cerrado devem ser algo tratado com seriedade, já que com a presença de vetores com altos graus de antropofilia, como o *A. sculptum*, o risco de agravos em humanos cresce significativamente (Labruna, 2009).

CONCLUSÃO

Diante do exposto, fica claro a importância de conhecer a os agentes etiológicos e determinar através de estudos e pesquisas os fatores ambientais e antropológicos que interferem no ciclo natural da doença, permitindo que entre em contato com os seres humanos. Também se torna importante através do que é discutido, conhecer a biologia do vetor e a importância de cada espécie de hospedeiros em potencial, principalmente os hospedeiros amplificadores por possuírem grande importância na manutenção da do agente em áreas endêmicas.

Não obstante, é sabido que as baixas taxas de infecção de FMB são devido ao pequeno número de carrapatos que naturalmente estão infectados com o agente, porém não minimiza o fato de o agravo ser potencialmente fatal.

Ainda assim o constante aumento de notificações e de casos confirmados ao longo da última década, é preocupante, pois é uma doença que afeta principalmente populações rurais, e se tratando de um agravo que evolui relativamente rápido e sem o tratamento adequado, podendo levar ao óbito. A ausência de informação referente a doença pode ser uma das principais causas da falta de busca por tratamento adequado. Incentivar e realizar projetos de conscientização de populações próximas a LPT's é de suma importância para prevenir óbitos ou agravos sérios advindas de outras doenças transmitidas por carrapatos.

Com isso é possível concluir que pesquisas que elucidam a ixodofauna e a presença de riquétsias em áreas específicas são muito importantes, pois geram dados sobre o curso do agravo pelo país, e com isso é possível trabalhar na prevenção da doença, e se tratando de febre maculosa diferentes fatores podem estar relacionados ao surgimento de casos tanto em áreas endêmicas como em áreas índenes, esses fatores podem ser tanto naturais tal como antroponóticos.

REFERÊNCIAS

Acervo Museu do carrapato EMBRAPA Gado de Corte, Mato Grosso do Sul. 2020

ANGERAMI, R. N.; CAMARA, M.; PACOLA, R. M.; R. C. M. REZENDE.; DUARTE, R. M. R.; NASCIMENTO, E. M. M.; COLOMBO, S.; SANTOS F, C, P; LEITE R, M.; KATZ G. 'Features of Brazilian spotted fever in two different endemic areas in Brazil', **Ticks and tick-borne diseases**, 3: 346-348. 2012

BARBIERI, A. R. M.; MORAES-FILHO, J.; NIERI-BASTOS, F. A.; SOUZA, J. C.; SZABÓ, M. P. J.; LABRUNA, M. B.; Epidemiology of *Rickettsia sp.* strain Atlantic rainforest in a spotted fever endemic area of southern Brazil. *Ticks Tick-Borne Dis.* 5, 848– 853. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2014.07.010>.

BINDER L C.; *et al* Domestic dogs as amplifying hosts of *Rickettsia rickettsii* for *Amblyomma aureolatum* ticks **Ticks and Tick-borne Diseases**. 12. 2021

BINDER L. C.; KRAWCZAK. F. S.; SPONCHIADO J.; MELO G. L.; MORAES-FILHO J.; NIERI BASTOS F. A.; CÁCERES N. C.; LABRUNA M. B.; Serosurvey of *Rickettsia spp.* in small mammals from Mato Grosso do Sul state, Brazil **Ciência Rural**, v.47, n.1, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Febre Maculosa e Outras Riquétsioses. **Guia de Vigilância em Saúde**, Cap. 6, V. 3, p. 400-409, 2019.

BRASIL. Capivaras e a Febre maculosa Brasileira. **Instituto Brasília Ambiental**. Governo do Distrito Federal. 2021. Disponível em <<https://www.ibram.df.gov.br/capivaras-e-a-febre-maculosa-brasileira/>> acesso em 10/10/2021

CDC - CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Diagnosis and Management of Tickborne *Rickettsial* Diseases: Rocky Mountain Spotted Fever, Ehrlichioses, and Anaplasmosis - **United States; a practical guide for physicians and other health-care and public health professionals. Morbidity and Mortality Weekly Report, CDC, Atlanta, GA.** V.55, n.RR-4, 2006. Disponível em < <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/65/rr/rr6502a1.htm> > Acesso em 10/10/2021

CDC - CENTER FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. *Rickettsial* Disease (Including Spotted Fever & Typhus Fever, Rickettsioses, Scrub Typhus, Anaplasmosis, and Ehrlichioses). **Yellowbook: Travel Related Infectious Disease**. Cap. 4, 2020. Disponível em <<https://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2020/travel-related-infectious-diseases/Rickettsial-including-spotted-fever-and-typhus-fever-rickettsioses-scrub-typhus-anaplasmosis-and-ehr>> acesso em 09/10/2021.

DANTAS-TORRES F.; CHOMEL B. B.; OTRANTO D.; Ticks and tick-borne diseases: a One Health perspective. **Trends Parasitol.** Oct;28(10):437-446. 2012.

Estação de Aprendizagem 05 Carrapato (Morfologia e Ciclo de Vida). **Estação de Aprendizagem ECTOPARASITÓSES.** E-Disciplinas. USP. 2015. Disponível em < <https://edisciplinas.usp.br>> Acesso em 16/10/2021

FACCINI-MARTINEZ, Á. A.; GARCIA-ÁLVAREZ, L.; HIDALGO, M.; OTEO, J.; Syndromic classification of rickettsioses: an approach for clinical practice. **Int. J. Infect. Dis.** 28, 126–139. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2014.05.025>.

GARRITY, G. M.; BELL, J. A.; LILBURN, T. G.; Taxonomic outline of the prokaryotes. Bergey's Manual of systematic of bacteriology. **Springer, New York, Berlin, Heidelberg,** p. 39-40. 2004.

GRECA H.; LANGONI H.; SOUZA L. C.; BRAZILIAN SPOTTED FEVER: A REEMERGENT ZOOZONOSIS. **J. Venom. Anim. Toxins incl. Trop. Dis.** v.14, n.1, p.3-18, 2008. Review article. ISSN 1678-9199.

HORTA, M. C.; *et al.* Experimental infection of opossums *Didelphis aurita* by *Rickettsia rickettsii* and evaluation of the transmission of the infection to ticks *Amblyomma cajennense*. **Vector Borne Zoonotic Dis.** 9, 109–118 (2009).

KRAWCZAK F. S.; BINDER L. C.; OLIVEIRA C. S.; COSTA F. B.; MORAES J. F. O.; MARTINS T. F.; Ecology of a tick-borne spotted fever in southern Brazil. **Exp Appl Acarol;** 70(2): 219-229. 2016 <http://dx.doi.org/10.1007/s10493-016-0070-1>. PMID:27392739.

KRAWCZAK, F. S.; NIERI-BASTOS, F. A.; NUNES, F. P.; SOARES, J. F.; MORAES-FILHO, J.; LABRUNA, M. B.; *Rickettsial* infection in *Amblyomma cajennense* ticks and capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in a Brazilian spotted fever-endemic area. **Parasit. Vectors** 7:7. 2014. doi: 10.1186/1756-3305-7-7

KRAWCZAK. F. S.; M. B.; LABRUNA. The rice rat *Euryoryzomys russatus*, a competent amplifying host of *Rickettsia parkeri* strain Atlantic rainforest for the tick *Amblyomma ovale*. **Ticks and Tick-borne Diseases.** 9(5) 2018

LABRUNA, M. B. Ecology of *Rickettsia* in South America. **Annals of the New York Academy of Sciences,** v. 1166, p. 156-166. 2009.

LABRUNA, M. B.; KRAWCZAK, F. S.; GERARDI, M.; BINDER, L. C.; BARBIERI, A. R. M.; PAZ, G. F.; *et al.* Isolation of *Rickettsia rickettsii* from the tick *Amblyomma sculptum* from a Brazilian spotted fever–endemic area in the Pampulha Lake region, southeastern Brazil. **Vet. Parasitol. Reg. Stud. Rep.** 8, 82–85. 2017 doi: 10.1016/j.vprsr.2017.02.007

LABRUNA, M. B.; SANTOS, F. C.; OGRZEWALSKA, M.; NASCIMENTO, E. M.; COLOMBO, S.; MARCILI, A.; *et al.* Genetic identification of *Rickettsial* isolates from fatal cases of Brazilian spotted fever and comparison with *Rickettsia rickettsii* isolates from the American continents. **J. Clin. Microbiol.** 52, 3788–3791. 2014. doi: 10.1128/JCM.01914-14

LEON. A. P. *et al.* Carrapatos na Cadeia Produtiva de Bovinos Brasília, DF: **Embrapa,** v.1. cap. 2. p. 29-36. 2019.

MARTINS T. F.; VENZAL J. M.; TERASSINI F. A.; COSTA F. B.; MARCILI A.; CAMARGO L. M. A.; LABRUNA, M. B.; New tick records from the state of Rondônia, western Amazon Brazil. **Experimental and Applied Acarology,** v. 62(1), p. 121–128. 2014

MARTINS T. F.; *et al.* Geographical distribution of *Amblyomma cajennense* (sensu lato) ticks

(Parasitiformes: ixodidae) in Brazil, with description of the nymph of *A. cajennense* (sensu stricto). **Parasit. Vectors.**; 9 (186):1-14. 2016 Disponível em: Acesso em: 24 de julho de 2019.

MITSUMORI A. T. H. *et al.* A Febre Maculosa Brasileira na Região Metropolitana de São Paulo. **Boletim Epidemiológico Paulista – Bepa**;13(151):3-47. 2016.

MORAES-FILHO, J.; Febre maculosa brasileira. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**. São Paulo: Conselho Regional de Medicina Veterinária, V. 15, n. 1, p. 38-45, 2017.

NASSER, J, T.; *et al.* Urbanização da febre maculosa brasileira em município da região Sudeste: epidemiologia e distribuição espacial. **REV BRAS EPIDEMIOL**, v. 18, p. 299-312, 2015.

NAVA, Santiago; BEATI, Lorenza; LABRUNA, Marcelo Bahia; *et al.* Reassessment of the taxonomic status of *Amblyomma cajennense* (Fabricius, 1787) with the description of three new species, *Amblyomma tonelliae* n. sp., *Amblyomma interandinum* n. sp. and *Amblyomma patinoi* n. sp., and reinstatement of *Amblyomma mixtum* Koch, 1844, and *Amblyomma sculptum* Berlese, 1888 (Ixodida: Ixodidae). **Ticks and Tick-borne Diseases**, Jena, v. 5, n. 3, p. 252-276, 2014

NIERI-BASTOS, F.A., MARCILI, A., SOUSA, R., PADDOCK, C.D, LABRUNA, M.B., Phylogenetic evidence for the existence of multiple strains of *Rickettsia parkeri* in the New World. **Appl. Environ. Microbiol.** 84, 1–9. 2018. <https://doi.org/10.1128/AEM.02872-17>.

OLIVEIRA S.; GUIMARÃES J. N.; RECKZIEGEL G. C.; NEVES B.M. da C.; ARAÚJO-VILGES K. M.; *et al.* An update on the epidemiological situation of spotted fever in Brazil. **J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis**. 2016.

OLIVEIRA, S. V. de.; Febre maculosa no Brasil: situação epidemiológica atual e a distribuição geográfica de carrapatos em cenários de mudanças climáticas. 2017. 178 f., il. Tese (Doutorado em Medicina Tropical) —**Universidade de Brasília, Brasília**, 2017.

OTEO. J. A. *et al.* Latinamerican guidelines of RIICER for diagnosis of tick-borne rickettsioses. **Rev Chilena Infectol.** p. 58. Cap. 31. 2014.

PADDOCK CD, FOURNIER PE, SUMNER JW, GODDARD J, ELSHENAWY Y, METCALFE MG, LOFTIS AD, VARELA-STOKES A. Isolation of *Rickettsia parkeri* and identification of a novel spotted fever group *Rickettsia sp.* from Gulf Coast ticks (*Amblyomma maculatum*) in the United States. **Appl Environ Microbiol** 76:2689 –2696. 2010. <https://doi.org/10.1128/AEM.02737-09>.

PAROLA. P. *et al.* Update on tick-borne rickettsioses around the world: a geographic approach. **Clin Microbiol Ver.** v. 26(4). p. 657-702. 2013. Disponível em: <<https://cmr.asm.org/content/26/4/657.http//dx.doi.org/10.1128/CMR.00032-13>> Acesso em: 22/03/2021.

PINTER A, FRANÇA AC, SOUZA CE, SABBO C, NASCIMENTO EMM, SANTOS FCP, *et al.* Febre Maculosa Brasileira. **Boletim Epidemiológico Paulista – Bepa, Suplemento Bepa**; v.8, n1 2011

QUINN, P. J. Microbiologia Veterinária e doenças infecciosas. **Porto Alegre: Artmed**, 2005.

RAMÍREZ-HERNÁNDEZ, A. *et al.* Clinical and serological evaluation of capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) successively exposed to an *Amblyomma sculptum*-derived strain of *Rickettsia rickettsii*. **Scientific Reports**, 2020.

RICKETS, H. T. (Reprinted from the Medical Record 1909;76:843-55). Some Aspects of Rocky

Mountain Spotted Fever as Shown by Recent Investigations. **Clinical Infectious Diseases**, V. 13, p. 1227–1240. 1990

SARAIVA D. G.; SOARES H. S.; SOARES J. F.; LABRUNA M.B.; Feeding Period Required by *Amblyomma aureolatum* Ticks for Transmission of *Rickettsia rickettsii* to Vertebrate Hosts - Volume 20, Number 9—September - **Emerging Infectious Disease journal** – CDC 2014

SINAN. planilha de casos sintomáticos confirmados por unidade federal (UF) ao ano de 2000-2019. Portal Saúde/dataSUS-Tabnet doenças e agravos de notificação obrigatória. 2019.

SINAN. planilha de óbitos confirmados por unidade federal (UF) ao ano de 2000-2019. Portal Saúde/dataSUS-Tabnet doenças e agravos de notificação obrigatória. 2019.

SOUZA, C. E.; *et al.* Experimental infection of capybaras *Hydrochoerus hydrochaeris* by *Rickettsia rickettsii* and evaluation of the transmission of the infection to ticks *Amblyomma cajennense*. **Vet. Parasitol.** 161, 116–21 2009.

SZABÓ M. P. J.; PINTER A.; LABRUNA M. B.; Ecology, biology and distribution of spotted-fever tick vectors in Brazil. **Front. Cell. Infect Microbiol.**; 3 (27): 1-9. 2013.

UENO T. E. H.; *et al.* Experimental infection of horses with *Rickettsia rickettsii*. **Parasites & Vectors.** 2016.

VIEIRA, A. M. L.; SOUZA C. E.; LABRUNA. M. B.; *et al.* Manual de Vigilância Acarológicas, Estado de São Paulo', **São Paulo: Secretaria de Estado da Saúde.** cap. 2. p. 7 2004.

Capítulo 5

CONTROLE DE *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* NO BRASIL: OS DESAFIOS PERANTE A RESISTÊNCIA AOS CARRAPATICIDAS

Control of Rhipicephalus microplus in Brazil: challenges in the face of acaricide resistance

Biana Santos Vasconcelos

Egressa do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

José Tiago das Neves Neto

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: O carrapato *Rhipicephalus microplus* é um dos principais ectoparasitas que afetam a bovinocultura de corte no Brasil, provocando perdas econômicas significativas. O controle químico tem sido a principal forma de combate, porém o uso contínuo e inadequado de carrapaticidas tem favorecido o desenvolvimento de resistência, comprometendo sua eficácia. O estudo é uma revisão bibliográfica onde é feito um levantamento de dados de publicações científicas das quais carrapatos foram submetidos, em laboratório, à ação de diferentes princípios ativos comerciais, no qual os resultados obtidos visam fornecer informações técnicas relevantes para auxiliar o produtor na escolha de carrapaticidas mais eficazes, contribuindo para a melhoria do controle sanitário e da produtividade na pecuária regional. É notório a necessidade de informação de que a identificação das resistências a Organofosforados (OP), amitraz, piretróides sintéticos (SP), lactonas macrocíclicas (ML), fipronil, fluazuron e outros princípios ativos que estão no mercado, com a finalidade de ainda apresentarem resultados satisfatórios em regiões, para que o parasitismo do carrapato não apresente problemáticas, a fim de embasar o manejo estratégico e racional dos produtos acaricidas, promovendo maior controle da infestação e minimizando prejuízos à produção.

Palavras-chave: Biocarrapaticidograma. Teste *in vitro*. Carrapato do Boi. Acaricida.

Abstract: The tick *Rhipicephalus microplus* is one of the main ectoparasites affecting beef cattle farming in Brazil, causing significant economic losses. Chemical control has been the primary method of combat, but the continued and inappropriate use of acaricides has favored the development of resistance, compromising their effectiveness. This study is a literature review that collects data from scientific publications in which ticks were subjected to laboratory exposure to different commercial active ingredients. The results obtained aim to provide relevant technical information to assist producers in choosing the most effective acaricides, contributing to improving health control and productivity in regional livestock farming. There is a clear need for information on the identification of resistance to Organophosphates (OP), amitraz, synthetic pyrethroids (SP), macrocyclic lactones (ML), fipronil, fluazuron and other active ingredients that are on the market, with the aim of still presenting satisfactory results in regions, so that tick parasitism does not present problems, in order to support the strategic and rational management of acaricidal products, promoting greater control of infestation and minimizing losses to production.

Keywords: Biotickacideogram. *In vitro* assay. Cattle tick. Acaricide.

INTRODUÇÃO

Rhipicephalus microplus representa um dos principais desafios sanitários na pecuária brasileira, apresenta ampla distribuição geográfica e é conhecido como carrapato-do-boi. É um parasito monoxeno e os bovinos são seu principal hospedeiro, podendo ser encontrado parasitando outros animais (Andreotti *et al.*, 2019).

Acaricidas químicos são usados no controle das infestações por carrapatos (Sousa, 2022) e ao longo das décadas, essa prática favoreceu o surgimento de populações resistentes, devido combinação de fatores genéticos, ambientais e de manejo (Klafke *et al.*, 2024), tornando o controle

cada vez mais complexo uma vez que infestações severas podem causar prejuízos econômicos significativos devido à redução do ganho de peso, queda na produção de leite e carne, depreciação do couro e transmissão de doenças, tornando essencial a avaliação da eficácia dos produtos utilizados no manejo sanitário.

Grisi *et al.*, (2014) afirmam que somente o carrapato *R. microplus* é responsável por causar mais de três bilhões de dólares de perdas anuais na cadeia produtiva de bovinos no Brasil. É importante lembrar que nos últimos anos, a necessidade de desenvolver programas de controle estratégico e integrado tem ganhado relevância, considerando não apenas a eficácia dos produtos, mas também o uso racional, e práticas complementares, como escolha genética de animais mais resistentes (Klafke *et al.*, 2024).

O impacto da resistência dos carrapatos não se limita apenas à rentabilidade da pecuária, mas também à segurança alimentar e à preservação da eficácia dos produtos disponíveis no mercado. O uso contínuo de carrapaticidas ineficazes leva ao aumento da carga parasitária, à contaminação ambiental por resíduos químicos e ao risco de intoxicação dos trabalhadores rurais (Koller *et al.*, 2019). Portanto, a realização do teste laboratoriais *in vitro*, conhecido popularmente como biocarrapaticidograma, é essencial para garantir um controle direcionado, reduzindo custos, otimizando a produtividade e preservando a viabilidade da pecuária do Brasil a longo prazo.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória e de abordagem qualitativa, fundamentada em revisão bibliográfica. Foram analisadas publicações científicas nacionais e internacionais das últimas duas décadas, disponíveis em bases como Google Acadêmico, ScienceDirect, SciELO, PubMed, além de documentos técnicos da Embrapa e revistas veterinárias. Utilizando palavras-chave relacionadas ao biocarrapaticidograma, *R. microplus*, testes *in vitro* e resistência aos acaricidas, a pesquisa buscou compreender a aplicabilidade do teste *in vitro* como ferramenta de diagnóstico, organizando e comparando informações sobre classes de carrapaticidas, mecanismos de ação e relatos de resistência, identificando avanços, lacunas e perspectivas para um manejo mais sustentável do carrapato bovino no Brasil.

Dessa forma, esta pesquisa se insere na área da sanidade animal e busca apontar a atual realidade de resistência a acaricidas no cenário brasileiro, apontar a eficácia dos fármacos no controle do carrapato em diferentes estados, onde as características regionais e ambientais exercem potencial influência sobre os resultados, a fim fornecer informações relevantes para que a problemática do carrapato não apresente prejuízos, embasando o manejo estratégico e racional dos produtos acaricidas, promovendo maior controle da infestação e minimizando prejuízos à produção.

BIOLOGIA DO *Rhipicephalus microplus*

Conhecido como “carrapato-do-boi”, anteriormente nomeado como *Boophilus microplus*, que vem do grego e significa “menor amigo do boi”, teve sua nomenclatura atualizada de acordo com a filogenia molecular e a evolução desta espécie. O gênero *Rhipicephalus* foi considerado parafilético em relação ao gênero *Boophilus*, que, por sua vez, passou a ser reclassificado como subgênero de *Rhipicephalus*, portanto a espécie passou a ser denominada atualmente *Rhipicephalus microplus* (Canestrini, 1888 *apud* Gonçalves, 2021).

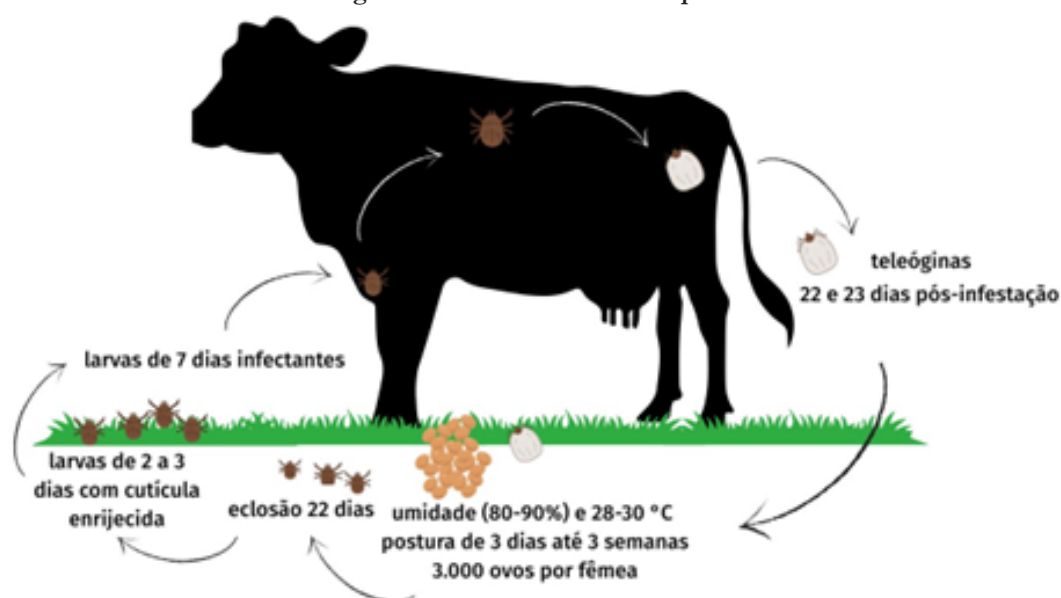
Trata-se de um ectoparasita hematófago obrigatório, e tem predileção por bovinos (Vannucchi *et al.*, 2025), embora possa parasitar outras espécies domésticas como equinos, caninos, animais silvestres e até mesmo humanos (Diaz *et al.*, 2022).

São de ampla distribuição no território brasileiro, o parasita pode ser encontrado durante todo o ano em grande parte das regiões do país (Sousa, 2022), sua sobrevivência e desenvolvimento estão diretamente ligados a fatores ambientais, como temperatura, umidade e características do habitat (Ribeiro *et al.*, 2021).

Em um ciclo de vida monóxeno (figura 1), a fase parasitária no hospedeiro dura cerca de 21 dias, após a adesão do parasita à pele do bovino, a larva evolui para metalarva e segue por uma série de transformações até atingir a forma adulta, enquanto a fase de vida livre no solo pode variar entre 30 dias a até oito meses, dependendo das condições ambientais (Junior, 2015).

As fêmeas (teleóginas) ingerem de 0,5 a 3,0 ml de sangue em toda a sua vida, já o macho utiliza os líquidos linfáticos dos hospedeiros (Mastrantonio *et al.*, 2021).

Figura 1: Ciclo de vida do carrapato



Fonte: Autor, 2025.

As fêmeas ingurgitadas se desprendem do animal entre 22 e 23 dias pós-infestação (Sousa, 2022). O pico de queda das fêmeas ingurgitadas no solo ocorre predominantemente entre as seis e dez horas da manhã (Junior, 2015).

Uma vez no solo, as teleóginas estão no chão, inicia-se a fase não parasitária (Diaz *et al.*, 2022) procuram locais abrigados na base das gramíneas para ovipositar (Gonçalves, 2021). Condições favoráveis do período pré-postura é de umidade (80-90%) e temperatura (28-30 °C), a postura pode durar cerca de 3 dias, e até 3 semanas, com produção média de 3.000 ovos por fêmea (Gonçalves, 2021; Diaz *et al.*, 2022).

A eclosão ocorre em aproximadamente 22 dias após a oviposição, porém pode variar de acordo com as condições ambientais, como umidade e temperatura (Gonçalves, 2021).

As larvas recém-eclodidas necessitam de 2 a 3 dias para o enrijecimento da cutícula e cerca de 7 dias para se tornarem infectantes, sendo capazes de sobreviver por até 60 dias sem a presença de um hospedeiro (Gonzales, 1974 *apud* SOUSA 2022; Godoi; Silva, 2009; Andreotti *et al.*, 2016

apud Sousa 2022; Dantas *et al.*, 2017).

IMPACTO SOCIOECONÔMICO DO *RHIPICEPHALUS MICROPLUS* NO BRASIL

De acordo com Sousa (2022), esse ectoparasita é altamente debilitante, provocando perdas significativas na produção de leite e carne, pois causa espoliação sanguínea e transmite patógenos como por exemplo a tristeza parasitária bovina (causada por protozoários do gênero *Babesia* e pela bactéria do gênero *Anaplasma*) (Andreotti, 2010), além de causar a morte de animais e gerar elevados custos com tratamentos (Faza *et al.*, 2013; Reck *et al.*, 2014).

Embora as estimativas financeiras nem sempre reflitam com precisão a realidade dos prejuízos causados pelo parasitismo, Grisi *et al.* (2014) indicam perdas potenciais anuais de aproximadamente R\$ 3,4 bilhões na cadeia produtiva da bovinocultura de corte e leite. Reforçando esse impacto, Godoi e Silva (2009) relatam que infestações por carrapatos já resultaram na perda de cerca de 2,5 milhões de cabeças de gado no Brasil, com redução de 75 milhões de quilos de carne, 1,5 bilhão de litros de leite, além de um prejuízo estimado em 8,6 milhões de dólares por danos secundários e 25 milhões de dólares gastos com acaricidas químicos. Klafke *et al.* (2017) dizem que a entre 2008 e 2013, a venda de medicamentos antiparasitários registrou um aumento de 28,3%, movimentando cerca de US\$ 2,58 bilhões nesse período.

Esses dados evidenciam a relevância do controle de carrapatos não apenas para a saúde animal, mas também para a saúde pública (Klafke *et al.*, 2024).

No Brasil, o Ministério da Agricultura e Pecuária/Secretaria de Defesa Agropecuária “PORTARIA SDA/MAPA Nº 1.266, DE 16 DE ABRIL DE 2025” estabelece as diretrizes para o monitoramento e controle de resíduos e contaminantes químicos nas cadeias produtivas de alimentos de origem animal, no âmbito do Programa Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) com a finalidade de identificar amostras de produtos de origem animal em desconformidade, contendo resíduos de acaricidas acima dos limites permitidos (Brasil, 2025).

Em 2020 a 2022, foram analisadas 10.796 amostras de bovinos abatidos, das quais 26 apresentaram resíduos acima do permitido. Dentre elas, 15 continham acaricidas: 8 com fipronil, 3 com abamectina, 3 com doramectina e 1 com ivermectina. Em 2.452 amostras de leite, 24 amostras foram não conformes, sendo 10 com acaricidas: 4 com ivermectina, 2 com abamectina, 2 com clorpirifós, 1 com doramectina e 1 com etion. Esses dados, que consideram apenas bovinos sob inspeção federal, indicam que o número real pode ser ainda maior (Klafke *et al.*, 2024). Furlong *et al.* (2007) ainda afirmam que, aqueles que não estiverem capacitados a produzir leite e carne com qualidade, sofrerão as penalidades do mercado.

BIOTÉCNICAS APLICADAS NA AVALIAÇÃO DE SENSIBILIDADE AOS CARRAPATICIDAS

Existem no país variadas categorias de químicos registrados para o combate, ao carrapato (Conti *et al.*, 2022) devido ao aumento de resistência aos acaricidas, métodos *in vitro* se torna uma ferramenta indispensável para a seleção racional desses, considerando a diversidade química dos produtos disponíveis no mercado e a busca de novos compostos para o controle de *R. microplus* (De Oliveira Rocha *et al.*, 2023)

A resistência instala-se quando mutações ou variações genéticas que reduzem a sensibili-

dade ao acaricida, estão presentes ou surgem numa população, a aplicação do acaricida elimina os indivíduos suscetíveis, favorecendo a sobrevivência e reprodução dos resistentes, o que aumenta a frequência do alelo resistente ao longo das gerações, processo acelerado por tratamentos frequentes, aplicações incorretas e reduzido refúgio, e mediado por mecanismos como detoxificação enzimática, alteração do sítio de ação e redução da penetração do fármaco (Koller *et al.*, 2019).

O Teste de Imersão em Adultos (TIA ou AIT) (figura 2) é um bioensaio aplicado em fêmeas ingurgitadas (teleóginas) que visa avaliar o nível de ingurgitamento da teleógena, ovoposição e taxa de eclodibilidade dos ovos (Higa *et al.*, 2015). A metodologia TIA foi descrita por Drummond *et al.* (1973), onde as fêmeas ingurgitadas coletados devem ser submetidos ao teste em até 48 horas pós coleta, (Andreotti *et al.*, 2010), devem ser lavadas com água corrente e secas com papel toalha. Aspectos como condição física, níveis de ingurgitamento e mobilidade (força física) devem ser considerados, assim devem ser pesadas e distribuídas em grupos homogêneos para cada tratamento (Higa *et al.*, 2016). Cada grupo é submerso em diferentes diluições por cinco minutos e, em seguida, secos com papel de filtro, alocados em placas de Petri, fixados dorsalmente com fita dupla face e acondicionados em estufa com demanda bioquímica de oxigênio (BOD) a 28 °C com umidade relativa de 80% (UR) por 14 dias (Higa *et al.*, 2016).

Após a completa oviposição, os ovos são transferidos para seringas vedadas com tampão de algodão e mantidos em estufa BOD por 10 dias. Os parâmetros reprodutivos analisados incluem peso da fêmea ingurgitada, peso dos ovos e taxa de eclodibilidade, seguindo o protocolo Acaricide Efficacy (AE) descrito por Drummond *et al.* (1973), considerando que um produto acaricida apresenta eficácia quando o valor de AE é $\geq 95\%$ (Higa *et al.*, 2016).

Figura 2: Esquema do Teste de Imersão em Adultos (TIA ou AIT)



Fonte: Autor, 2025.

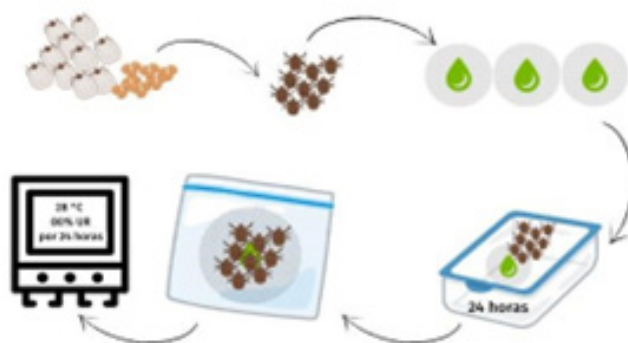
Outra técnica é o Teste de Pacote Larval (TPL) (figura 3), que possui objetivo de avaliar a mortalidade das larvas. A amostra pode conter de 10 a 50 teleóginas, sendo desenvolvido com as larvas que eclodirem dos ovos (Andreotti *et al.*, 2010).

Rocha *et al.* (2020) descreve a metodologia com larvas não alimentadas, de 21 dias de idade, obtidas de colônia laboratorial, o ativo é diluído e, os papéis de filtro devem ser impregnados com a diluição comercial de cada produto (Higa *et al.*, 2016), utilizando como controle papel filtro impregnado apenas com o diluente (Rocha *et al.*, 2020).

Após duas horas para evaporação dos solventes do papel filtro, aproximadamente 100 larvas devem ser colocadas em recipientes contendo esses papéis impregnados (Higa *et al.*, 2016), fechados com uma aba por um período de 24 horas as larvas são adicionadas junto ao papel em

pacotes devidamente fechados e alocados em incubadora biológica (BOD) com temperatura e umidade controladas ($27 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $80 \pm 10\%$), por 24 horas para avaliação da mortalidade larval (Rocha *et al.*, 2020). Os resultados do TPL podem ser obtidos 5 a 6 semanas após a coleta das fêmeas ingurgitadas (Castro-Janer *et al.*, 2009; Andreotti *et al.*, 2010).

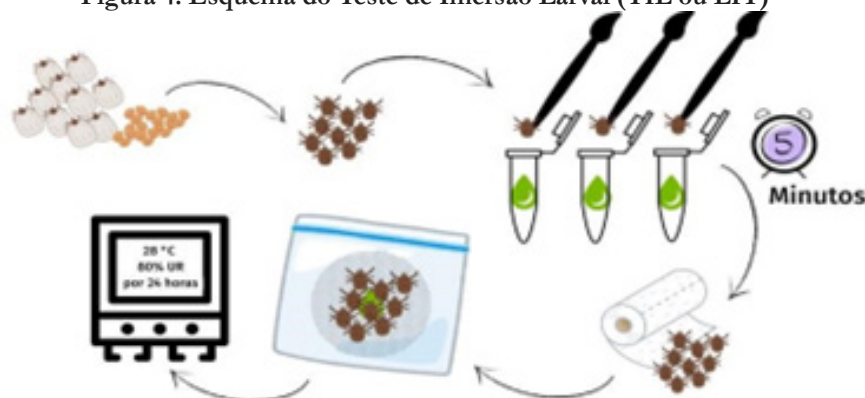
Figura 3: Esquema do Teste de Pacote Larval (TPL)



Fonte: Autor, 2025.

O Teste de Imersão Larval (TIL ou LIT) (figura 4) tem o mesmo objetivo que o TPL, e tem demonstrado ser mais sensível do que o TPL para a avaliação da resistência ao fipronil em carrapatos bovinos (Castro-Janer *et al.*, 2010). No TIL as larvas são submersas em soluções de concentrações descritas pelo fabricante, em microtubos, com auxílio de pincel, por cinco minutos, retira-se a umidade excessiva em papel toalha, envelopadas em papel filtro e incubadas, para posteriormente avaliar a mortalidade das larvas (Lopes *et al.*, 2010).

Figura 4: Esquema do Teste de Imersão Larval (TIL ou LIT)



Fonte: Autor, 2025.

O Teste de Imersão em Seringa (TIS) (figura 5), com o mesmo objetivo que o LPL e o TIL, tem como metodologia submergir as larvas nas diluições a serem testadas, por cinco minutos, posicionando o êmbolo posteriormente a um orifício na seringa para permitir a saída de ar e assim o preenchimento total. Posteriormente, absorver o excesso de líquido da extremidade do êmbolo em toalha de papel, após 24 horas, executar a contagem de larvas vivas e mortas, com auxílio de uma fonte luminosa (Lopes *et al.*, 2010).

Figura 5: Esquema do Teste de Imersão em Seringa (TIS)



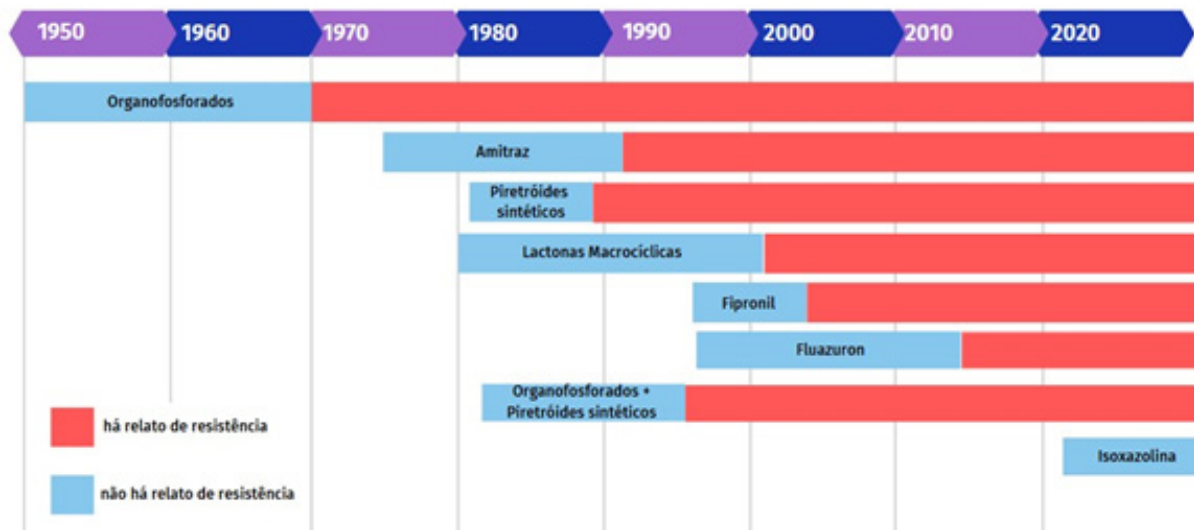
Fonte: Autor, 2025.

CENÁRIO DA RESISTÊNCIA PARASITÁRIA AOS CARRAPATICIDAS NO BRASIL

Quando um produto químico é utilizado no controle dos carrapatos, parte da população sobrevive, favorecendo o desenvolvimento da resistência, pois os indivíduos sensíveis morrem enquanto os resistentes permanecem e se reproduzem entre si, resultando no aumento da frequência de descendentes resistentes, que passam a representar uma parcela cada vez maior da população (Andreotti *et al.*, 2010).

É possível observar (figura 6) que os Organofosforados (OP) foram lançados no mercado em 1950 e, o primeiro relato de resistência no Brasil ocorreu vinte e dois anos depois no Rio Grande do Sul; O amitraz começou a ser usado em 1977, a resistência foi documentada no país em 1993, no estado do Rio de Janeiro; Os piretróides sintéticos (SP) de 1981, com relato de resistência em 1989, no Rio Grande do Sul; As lactonas macrocíclicas (ML), lançadas em 1980, e a resistência foi registrada pela primeira vez no Brasil em 2001, no Rio Grande do Sul; O fipronil foi lançado no mercado em 1996, e em 2004 no estado de Minas Gerais apresentou resistência; O fluazuron está disponível no mercado desde 1994, em 2014 foi publicado o primeiro relato de resistência no Rio Grande do Sul (Reck *et al.*, 2014); A primeira mistura OP+SP foi lançada no mercado brasileiro em 1982, em 1995, foi registrada pela primeira vez resistência, no Rio Grande do Sul; Isoxazolinás foram liberadas no mercado em 2022 e, até o momento, não há relato de resistência (Klafke *et al.*, 2024).

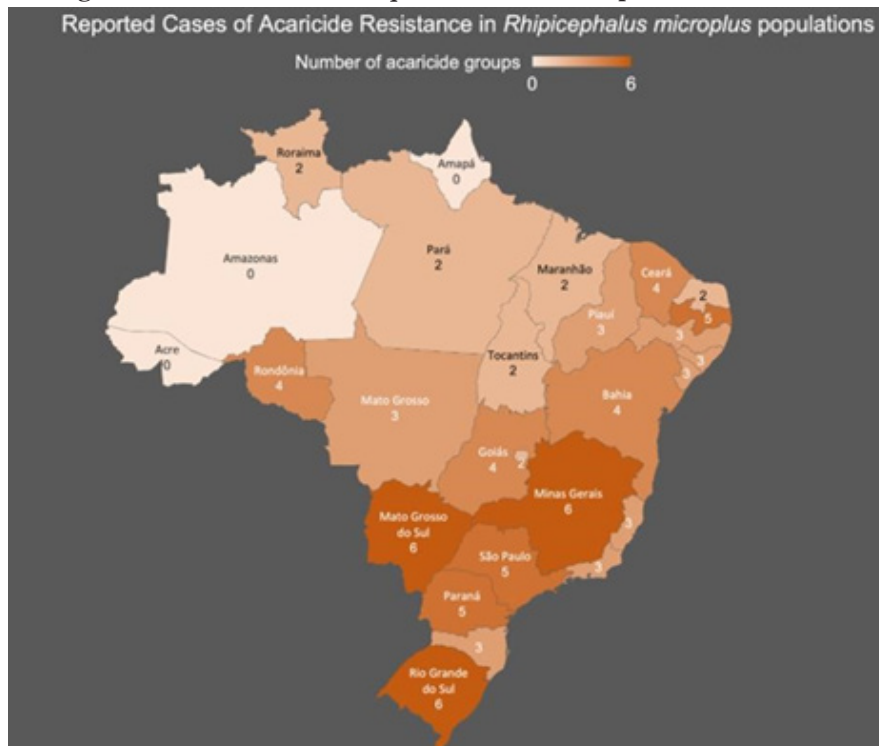
Figura 6: Linha do tempo representando o período de implantação e uso dos acaricidas, de acordo com a classe farmacológica, e os primeiros registros de resistência parasitária



Fonte: Klafke *et al.*, 2024 adaptado por Autor, 2025.

Estudos apontam que *R. microplus* apresenta resistência a diversas classes químicas de acaricidas usadas no Brasil. Klafke *et al.* (2024) evidenciaram que a maioria dos estados brasileiros apresentam carrapatos resistentes a pelo menos um acaricida e elaboraram uma linha do tempo demonstrando os registros de resistência de algumas classes químicas de acaricidas documentado em mapa (figura 7) levantou análises de bioensaios laboratoriais, qual apontou que nos estados do Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, à múltiplos casos de resistência a acaricidas, informação que é reforçada por Higa *et al.* (2015), em uma revisão ampla, relataram a presença de resistência a pelo menos uma base química em 15 estados brasileiros, sendo o Rio Grande do Sul o estado com maior diversidade de resistência registrada, incluindo todas as classes comerciais disponíveis (Klafke *et al.*, 2024; Higa *et al.*, 2015).

Figura 7: Número de classes químicas resistentes por estado no Brasil



Fonte: Klafke *et al.*, 2024.

Foi realizado um levantamento (tabela 1) de estudos disponíveis na literatura sobre a resistência do *Rhipicephalus microplus* aos carrapaticidas. Para cada pesquisa selecionada, foram organizados os seguintes dados: o estado onde o estudo foi conduzido, a molécula testada, a técnica laboratorial empregada e o autor responsável.

Autor/Ano	Local do estudo	Princípio(s) ativo(s) avaliado(s)	Principais resultados	Técnica
Mastrantonio <i>et al.</i> (2022)	Minas Gerais	Cipermetrina + Clorpirifós; Cipermetrina + Clorpirifós + Fention; Cipermetrina + Clorpirifós + Butóxido de Piperonila + Citronela; Clorpirifós + Cipermetrina; Diclorvós + Clorpirifós; Amitraz; Deltametrina	Eficácia de 100% para as associações contendo cipermetrina e clorpirifós; Diclorvós + Clorpirifós apresentou 86,1%; Amitraz 69,1%; Deltametrina 0% de eficácia	TIA
Castro-Janer <i>et al.</i> (2010)	São Paulo, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul	Fipronil	Mortalidade variando entre 36,7% e 91,5% conforme a população avaliada	LIT e LPD
Reck <i>et al.</i> (2014)	Rio Grande do Sul	Cipermetrina, Clorpirifós, Fipronil, Amitraz, Ivermectina e Fluazuron	A linhagem Jaguar apresentou resistência a todos os acaricidas avaliados	TIA e AFA
Klafke <i>et al.</i> (2017)	Rio Grande do Sul	Cipermetrina, Amitraz, Clorpirifós, Ivermectina e Fipronil	Resistência de 98,08% à Cipermetrina; 76,92% ao Amitraz; 60,58% ao Clorpirifós e Ivermectina; 53,85% ao Fipronil	TIA
Gomes <i>et al.</i> (2017)	São Paulo	Cipermetrina, Clorpirifós, Citronela, Amitraz e Deltametrina	Associação Cipermetrina + Clorpirifós + Citronela apresentou 100% de eficácia	TIA
Valsoni <i>et al.</i> (2021)	Mato Grosso do Sul	Fluazuron, Fipronil e Ivermectina	Das 10 amostras avaliadas, 5 foram resistentes ao Fluazuron; 6 apresentaram resistência incipiente ao Fipronil e/ou Ivermectina	TIA e LIT
Gonçalves (2021)	São Paulo	Clorpirifós + Cipermetrina + Fenthion; Copaifera reticulata; Cymbopogon nardus; Eucalyptus globulus; Ethion + Clorpirifós + Alfacipermetrina; Amitraz	Associação Clorpirifós + Cipermetrina + Fenthion apresentou 100% de eficácia; demais tratamentos foram ineficazes (57,93% e 8,40%)	TIA
Ferreira <i>et al.</i> (2022)	Paraíba e Ceará	Ivermectina, Moxidectina e Eprinomectina	Todas as populações apresentaram resistência cruzada entre ivermectina e moxidectina; apenas uma apresentou resistência entre ivermectina e eprinomectina	LIT
De Oliveira Rocha <i>et al.</i> (2023)	Rio de Janeiro	Fipronil	Produto considerado eficiente contra as populações avaliadas	LPD

Da Silva Rodrigues <i>et al.</i> (2018)	Mato Grosso do Sul	Cipermetrina + Clorpirifós + Citronela; Cipermetrina + Clorpirifós + Fentião	Eficácia superior a 95% para ambas as associações	TPL e TIA
Higa <i>et al.</i> (2016)	Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Ceará, São Paulo, Minas Gerais, Distrito Federal e Espírito Santo	Diversos princípios ativos e associações comerciais	Diclorvós + Clorpirifós apresentou eficácia média de 88,13%; associação com sulfato de cálcio e xilol alcançou 91,89%; Amitraz apresentou 76,02%; Formamidinas 57,89%; Cipermetrina + Clorpirifós + Citronela + Butóxido de Piperonila alcançou média de 100%; piretroides apresentaram eficácia variando de 0 a 100%	TIA e TPL
Lopes <i>et al.</i> (2010)	Rio Grande do Sul	Amitraz	Mortalidade superior a 90% nas populações avaliadas	TPL, LIT e TIS
Silva <i>et al.</i> (2005)	Paraíba	Diversas associações contendo Cipermetrina, Clorpirifós, Citronela, Diclorvós, Ethion, Amitraz, Alfacipermetrina e Deltametrina	Melhor resultado para Cipermetrina + Clorpirifós (98,2%); menor eficácia para Deltametrina (19,87%)	TIA
Dantas <i>et al.</i> (2017)	Bahia	Frações hexânica, clorofórmica, acetato de etila e extrato etanólico	Eficácia de 65,4%, com inibição da oviposição (62,6%) e da eclosão dos ovos (39,3%)	TIA

Fonte: Autor, 2025.

Esses dados foram sistematizados, para que possibilite uma visualização comparativa dos métodos utilizados e das substâncias avaliadas nos diferentes trabalhos, servindo como base para a discussão dos resultados e da realidade encontrada na propriedade estudada.

ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO CARRAPATO: AVANÇOS E LIMITAÇÕES

No entanto, o uso contínuo e inadequado de carrapaticidas tem contribuído para o surgimento de populações resistentes às formulações disponíveis, tornando o manejo cada vez mais ineficaz (Klafke *et al.*, 2024; RECK *et al.*, 2014). Mesmo com a introdução de novas moléculas no mercado, cepas resistentes continuam a surgir, comprometendo o controle químico tradicional (Martinez, 2004 *apud* Sousa, 2022).

Devido ao crescente problema de resistência, a Embrapa Gado de Leite implantou, em 1997, um programa voltado à avaliação da eficácia dos acaricidas, com o objetivo de identificar os produtos mais adequados para uso em cada propriedade, a partir da análise de espécimes enviados pelos próprios produtores (Furlong *et al.*, 2007).

Teste laboratoriais *in vitro* se destaca como uma ferramenta acessível, sua aplicação periódica auxilia na prevenção de falhas terapêuticas, retarda o avanço da resistência, evita o uso de produtos ineficazes e contribui diretamente para a saúde animal e para a preservação ambiental (Junior, 2015).

É importante destacar que, uma vez estabelecida a resistência de uma população de carrapatos a um determinado princípio ativo, essa resistência tende a se estender a todos os produtos pertencentes à mesma família ou grupo químico, ou até mesmo a outros compostos que atuem no mesmo sítio de ação. Dessa forma, os produtos dessa classe ficam permanentemente comprometidos para o uso futuro no controle da população de carrapatos do rebanho (Furlong *et al.*, 2007).

Diversas estratégias podem ser adotadas entre elas, medida de manejo que consiste na rotação entre acaricidas com distintos mecanismos de ação, com a finalidade de reduzir a pressão de seleção exercida continuamente por um único grupo químico. Entretanto, ainda existem lacunas na literatura quanto à eficácia dessa estratégia em situações práticas, principalmente quando aplicada de forma isolada (Koller *et al.*, 2019).

Quando um carrapato começa a ter resistência sobre um carrapaticida, ocorre a redução na taxa de penetração do produto, as mudanças no metabolismo, no armazenamento e na eliminação do produto químico, e através de alterações no local de ação do produto (Furlong *et al.*, 2007).

Klafke *et al.* (2024) afirmam que em sua maioria, produtores rurais não usam um volume suficiente de solução acaricida por animal além de aplicação inadequada, resultando no aumento da carga parasitária, contaminação ambiental por resíduos químicos e risco de intoxicação dos trabalhadores rurais e levantamento de dados apontam que 50 % dos produtores da região Sul do Brasil escolhem os acaricidas sintéticos por recomendação fornecida pelo vendedor na loja e, menos de um terço por apoio de veterinários, assim, menos de 10% declarou que escolheu o acaricida com base em testes laboratoriais.

CONCLUSÃO

A resistência do *R. microplus* aos acaricidas no Brasil tem se tornado um desafio crescente, especialmente em função do uso incorreto e repetido desses produtos no manejo sanitário dos bovinos. Esse cenário tem favorecido a seleção de cepas resistentes, resultando na redução da eficácia dos principais princípios ativos utilizados no controle químico.

A resistência do *R. microplus* aos carrapaticidas representa um dos principais desafios da pecuária bovina brasileira. Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam a necessidade de métodos laboratoriais que auxiliem na escolha dos produtos mais eficazes para cada realidade produtiva, concluindo que o uso do teste *in vitro* mostra-se uma ferramenta essencial para direcionar o controle, reduzir falhas nos tratamentos e evitar o uso indiscriminado de substâncias ineficazes, sendo notório que os resultados de resistência a cada princípio ativo é determinado utilização de cada acaricida, podendo existir diferentes resultados ao mesmo em diferentes regiões do Brasil.

Dessa forma, o controle racional e baseado em evidências é fundamental para garantir a eficiência dos programas de manejo, minimizar prejuízos econômicos e contribuir para a sustentabilidade da pecuária bovina a longo prazo.

REFERÊNCIAS

ANDREOTTI, R, GARCIA, M. V; KOLLER, W. W. **Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos**. 2019. Brasília, DF: Embrapa; 2019. p. 17-236. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Wilson-Koller/publication/331257357_Carrapatos_na_Cadeia_Produtiva_de_Bovinos/links/5c6eb-

06d299bf1e3a5ba7590/Carrapatos-na-Cadeia-Produtiva-de-Bovinos.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2025.

ANDREOTTI, Renato. **Situação atual da resistência do carrapato-do-boi *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* aos acaricidas no Brasil**. 2010. Disponível em: <<https://core.ac.uk/download/pdf/15428439.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Portaria SDA nº 1.266, de 16 de abril de 2025**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 abr. 2025. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/inspecao/produtos-animal/legislacao/Port12662025SDAPNCRCAnimal.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2025.

CASTRO-JANER, E. MARTINS, J. R; MENDES, M. C; NAMINDOME, A; KLAFKE, G. M; SCHUMAKER, T. T. **Diagnoses of fipronil resistance in Brazilian cattle ticks (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) using in vitro larval bioassays**. Parasitol veterinário. 29 de outubro de 2010; 173(3-4):300-6. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20688434/>>. Acesso em: 3 maio 2025.

CASTRO-JANER, E; RIFRAN, L; PIAGGIO, J; GIL, A; MILLER, R. J; SCHUMAKER, T. T. S. **In vitro tests to establish LC50 and discriminating concentrations for fipronil against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) and their standardization**. Veterinary Parasitology, v. 162, n. 1-2, p. 120-128, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304401709001149>>. Acesso em: 17 de setembro de 2025.

CONTI, F. Z; DE FIGUEIREDO, J. B; DONATO, L. E. **Avaliação de resistência a carrapaticidas em *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* em propriedades rurais do Distrito Federal**. Programa de Iniciação Científica-PIC/UniCEUB-Relatórios de Pesquisa, 2022. Acesso em: 17 de setembro de 2025.

DANTAS, A. C. S; FREIRE, D. P; SOUZA G. R; ALMEIDA, J. R. G. S; ROLIM, L. A; CASTRO, R. N; HORTA, M. C. **Atividade acaricida das folhas de *Morus nigra* em carrapato *Rhipicephalus microplus***. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 69, p. 523-528, 2017. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/BDQWRRnt4jkzKCYfhqm5k3v/abstract/?lang=pt>>. Acesso em: 03 maio 2025.

RODRIGUES, V. S; BONATTE, P. JR; GARCIA, M. V; HIGA, L. O. S; PIÑA, F. T. B; ZIMMERMANN, N. P; DUARTE, P. O; BARROS, J. C; ANDREOTTI, R. **Efficacy profile of Cypermethrin and Chlorpyrifos based acaricides on *Rhipicephalus microplus* control on cattle in the rearing phase, naturally infested and exposed to tick fever agents in central Brazil**. Parasitologia Veterinária: Estudos e Relatórios Regionais, v. 12, p. 43-48, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2405939017300734>>. Acesso em: 03 de setembro de 2025.

DE OLIVEIRA ROCHA, D; ROQUE, R. M. S; VIEIRA, T. S; DE JESUS, I. L. R; GUIMARÃES, B. G; ROCHA, M. B. S; SCOTT, F. B; AVELAR, B. R. **Evaluation of the susceptibility to fipronil of *Rhipicephalus microplus* larvae from egg masses incubated at different times of oviposition**. Brazilian Journal of Veterinary Medicine, v. 45, p. e005922, 2023. Disponível em: <<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10079253/>>. Acesso em: 03 de setembro de 2025.

DRUMMOND, R. O; ERNEST, S. E; TREVINO, J. L; GLADNEY, W. J; GRAHAM, O. H. ***Boophilus annulatus* and *B. microplus*: Laboratory Tests of Insecticides**. Journal of Economic Entomology, v. 66, n.1, p. 130-133, Feb. 1973. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jee/article-abstract/66/1/130/2211260?redirectedFrom=fulltext>>. Acesso em: 17 de setembro de 2025.

FAZA, A. P; PINTO, I. S. B; FONSECA, I; ANTUNES, G. R; MONTEIRO, C. M. O; DAE-

MON, E; MUNIZ, S. M; MARTINS, M. F; FURLONG, J; PRATA, M. C. A. P. **A new approach to characterization of the resistance of populations of *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) to organophosphate and pyrethroid in the state of Minas Gerais, Brazil.** Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, Volume 134, Edição 4, agosto de 2013, páginas 519-523, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0014489413001276>>. Acesso em: 3 maio 2025.

FERREIRA, L. C; LIMA, E. F; SILVA, A. L; OLIVEIRA, C. S; SILVA FILHO, G. M; SOUSA, L. C; KLAFKE, G. M; FEITOSA, T. F; VILELA, V. L. (2022). **Crossresistance between macrocyclic lactones in populations of *Rhipicephalus microplus* in Brazil's semiarid region.** Experimental and Applied Acarology, 87, 109 - 117. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Cross-resistance-between-macrocyclic-lactones-in-of-Ferreira-Lima/0058186907047cb360f054eebdcd32882d4ac7bd>>. Acesso em: 09 de setembro de 2025.

FURLONG, J; MARTINS, J. R. S; PRATA, M. C. A. **O carrapato dos bovinos e a resistência: temos o que comemorar?.** A Hora Veterinária – Ano 27, nº 159, setembro/outubro/2007. Disponível em: <<https://www.sidalc.net/search/Record/digalice-doc-595316/Description>>. Acesso em: 22 agosto 2025.

GODOI, Carlos Rosa; SILVA, EDNEA, Freitas Portilho. **Carrapato *Boophilus microplus* e impacto na produção animal-Revisão de literatura.** PUBVET, v. 3, n. 22, 2009. Disponível em: <<https://www.pubvet.com.br/material/Portilh606.pdf>>. Acesso em: 03 maio 2025.

GOMES, G. B; JURKFTZ, R. C; OLIVEIRA, L. A; ARAÚJO, G. R; GOES, P. A. A. **Aplicação do biocarrapaticidograma para controle eficaz do *r. (b.) Microplus* em Piedade, São Paulo.** Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP, v. 15, n. 2, p. 91-92, 11 dez. 2017. Disponível em: <<https://revistamvez-crmvsp.com.br/index.php/recmvz/article/view/37384>>. Acesso em: 29 abr. 2025.

GONÇALVES, Ana Victória. **Avaliação da eficácia de fármacos químicos e fitoterápicos no controle ao *Rhipicephalus microplus* utilizando teste *in vitro*.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2021. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/entities/publication/62c245a1-9056-4fb8bc66-52954e05296d>>. Acesso em: 29 abr. 2025.

GRISI, L; LEITE, R. C; MARTINS, J. R. S; BARROS, A. T. M; ANDREOTTI, R; CANÇADO, P. H. D; LEON, A. A. P; PEREIRA, J. B; VILLELA, H. S. **Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil.** Brazilian Journal of Veterinary Parasitology, v. 23, n. 2, 2014. 150-156 p. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbpv/a/Yvdz46WMYtR-8NK43mjN8GLt/?lang=en>>. Acesso em: 29 abr. 2025.

HIGA, L. O. S; GARCIA, M. V; BARROS, J. C; KOLLER, W. W; ANDREOTTI, R. **Acaricide Resistance Status of the *Rhipicephalus microplus* in Brazil: A Literature Overview.** Medicinal Chemistry, v. 5, n. 5, p. 326–333, 2015. Disponível em: <<https://www.hilarispublisher.com/open-access/acaricide-resistance-status-of-the-rhipicephalus-microplus-in-brazil-aliterature-overview-2161-0444-1000281.pdf>>. Acesso em: 3 maio 2025.

HIGA, L. O. S; GARCIA, M. V; BARROS, J. C; KOLLER, W. W; ANDREOTTI, R. **Evaluation of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae) resistance to different acaricide formulations using samples from Brazilian properties.** Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, v. 25, n. 02, p. 163-171, 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbpv/a/wHTgNCrmxvmQBHLkwSYKbxh/?lang=en>>. Acesso em: 03 de setembro de 2025.

JUNIOR, Ivo Kohek. **Por que o seu tratamento contra o carrapato pode estar falhando!.** Informativo técnico DDA. Número 05/ Ano 06, 2015. Disponível em: <<https://seapi.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/02101305-inftec-62-controle-docarrapato-no-rs-e-biocarrapaticidograma.pdf>>. Acesso em: 02 maio 2025.

KLAFKE, G. M; WEBSTER, A; AGNOL, B. D; PRADEL, E; SILVA, J; CANAL, L. H. L; BECKER, M; OSÓRIO, M. F; MANSSON, M; BARRETO, R; SCHEFFER, R; SOUZA, U. A; CORASSINI V. B; SANTOS, J; RECK, J; MARTINS, J. R. **Multiple resistance to acaricides in field populations of *Rhipicephalus microplus* from Rio**

Grande do Sul state, Southern Brazil. Veterinary Parasitology: Regional Studies and Reports, v. 7, p. 1–6, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1877959X1630173X>>. Acesso em: 3 maio 2025.

KLAFKE, G. M; GOLO, P. S; MONTEIRO, C. ., O; COSTA-JUNIOR, L. M; RECK, J. **Brazil's battle against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks: current strategies and future directions.** Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, v. 33, p. e001423, 2024. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbpv/a/nSFckvzSjvj7hp5R8FCC4Ry/>>. Acesso em: 3 maio 2025.

KOLLER W. W; HIGA L.O. S; ZIMMERMANN N. P; OSHIRO L. M; ANDREOTTI R. Carrapatos na cadeia produtiva de bovinos. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 147-158. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1107104/1/Resistenciaoscarrapatosaosacaricidas.pdf>>. Acesso em: 04 de dezembro de 2025.

LOPES, A; AGUIAR, C. L. G; FORESTI, L. T; PAPPEN, F. G; SANTOS, T. R. B. **Avaliação simultânea de técnicas *in vitro* para sensibilidade de larvas do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ao amitraz.** Universidade Federal de Pelotas, 2010. Disponível em: <https://www2.ufpel.edu.br/cic/2010/cd/pdf/CA/CA_01407.pdf>. Acesso em: 17 de setembro de 2025.

MASTRANTONIO, E. C; PEREIRA, D. A; CAIXETA, P. C. M. M; BATISTA, M. **Eficiência de acaricidas comerciais sobre o *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* de uma propriedade rural do município de Vazante, MG, Brasil.** Veterinária Notícias, Uberlândia, v. 28, p. 1-10, 2022. Disponível em: <<https://seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/view/61329/33818>>. Acesso em: 28 agost. 2025.

PFÄFFLE, M; LITWIN, N; MUDERS, S. V; PETNEY, T. N. **The ecology of tickborne diseases.** International Journal for Parasitology, v. 43, p. 1059-1077, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020751913001963>>. Acesso em: 29 abr. 2025.

RECK, J; KLAFKE, G. M; WEBSTER, A; DALL'AGNOL, B; SCHEFFER, R; SOUZA, U. S; CORASSINI, V. B; VARGAS, R; SANTOS, J. S. S; MARTINS, J. R. S. **First report of fluzuron resistance in *Rhipicephalus microplus*: A field tick population resistant to six classes of acaricides.** Veterinary Parasitology, v. 201, n. 1–2, p. 128–136, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304401714000399>>. Acesso em: 3 maio 2025.

RIBEIRO, Antônio Cândido Cerqueira Leite; FURLONG, John. **Controle de Carrapatos.** Embrapa, 8 dez. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agenciade-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/producao/sistemas-deproducao/manejo-sanitario/control-de-carrapatos>. Acesso em: 3 maio 2025.

ROCHA, D. O; ROQUE, R. M. S; MIRANDA, F. R; DE JESUS, I. L. R; CID, Y. S; SCOTT, F; AVELAR, B. R. **Padronização de uma nova técnica de pacote de larvas para avaliação da atividade do fipronil frente a larvas não alimentadas de *rhipicephalus sanguineus sensu lato*.** In: Anais da VIII Reunião Anual de Iniciação Científica (RAIC 2020) e II Reunião Anual de Iniciação em Inovação e Desenvolvimento Tecnológico (RAIDTEC 2020). Anais...(RJ) UFRRJ, 2020. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/viiiiraic2020/385993-padronizacao-de-uma-nova-tecnica-de-pacote-de-larvas-para-avaliacao-da-atividade-do-fipronilfrente-a-larvas>>

-nao-/>. Acesso em: 12/10/2025

SANTIAGO, Ana Carolina Castro. **Alimentação artificial de *Ornithodoros spp.* (Acari: Argasidae), e investigação da transmissão transestadial de *Anaplasma marginale***. 2021. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/10/10134/tde17032021-144111/>>. Acesso em: 09 set. 2025.

SILVA, W. W; ATHAYDE, A. C. R; ARAÚJO, G. M. B; SANTOS, V. D; SILVA NETO, A. B. **Resistência de fêmeas ingurgitadas de *Boophilus microplus* e *Rhipicephalus sanguineus* (ACARI: IXODIDAE) a carrapaticidas no semi-árido paraibano: efeito da cipermetrina e do amitraz**. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 1, n.1, p. 59-62, 2005. Disponível em: <<http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/378>>. Acesso em: 17 de setembro de 2025.

SOUSA, Gustavo Avelar. **Eficácia de antiparasitários sobre *Amblyomma sculptum in vitro* e no semicampo: Estudo comparativo a *Rhipicephalus microplus***. Dissertação de mestrado. Unesp, Jaboticabal. 2022. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/236479>>. Acesso em: 29 abr. 2025.

VALSONI, L. M; FREITAS, M. G; BORGES, D. G. L; BORGES, F. A. **Status of *Rhipicephalus microplus* resistance to ivermectin, fipronil and fluzuron in Mato Grosso do Sul, Brazil**. Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária, v. 30, p. e025220, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1984-296120201091>>. Acesso em: 26 agost. 2025.

VANNUCCHI, Maxwell Adão; TEIXEIRA, Mayra Meneguelli. **Economic and health impacts of *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* infestation: challenges and sustainable solutions – A literature review**. Research, Society and Development, v. 14, n. 5, p. e11514548910-e11514548910, 2025. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/48910>>. Acesso em: 17 de setembro de 2025.

Capítulo 6

DIFERENTES COMBINAÇÕES HORMONAIIS UTILIZADAS NA IATF EM BOVINOS DE CORTE

Different Hormonal combinations used to tai in beek cattle

Andressa Gonçalves Rodrigues

Egressa do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Priscila Chediek Dall'Acqua

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: A inseminação artificial em tempo fixo (IATF) tem sido considerada o método mais eficiente para aumentar o número de vacas inseminadas em um determinado rebanho. Diante disso, o objetivo deste trabalho é descrever as principais combinações hormonais usadas em fêmeas bovinas zebuínas em protocolos de IATF. Os tratamentos para IATF em bovinos de corte se baseiam no uso de dispositivos liberadores de progesterona (P4) e GnRH ou estradiol que objetivam sincronizar a emergência de uma nova onda folicular, e mostram taxas de concepção entre 50 e 60% na primeira inseminação. Outras associações incluem a adição do eCG que promove o crescimento folicular e ovulação, apresentando função análoga ao LH e FSH, promovendo melhores taxas de concepção em vacas de baixo escore de condição corporal (ECC). A inserção da prostaglandina F2 α (PGF2 α) nos protocolos permitiu a indução da regressão do corpo lúteo e redução nos níveis de P4, permitindo o crescimento e ovulação de um novo folículo dominante. A associação desses hormônios deu origem a importantes protocolos de sincronização como o *OnSynch*, *CO-Synch 7 e 5 dias*, e *J-Synch*. A escolha de diferentes protocolos visa otimizar a eficiência reprodutiva dos rebanhos em diferentes cenários. Por exemplo, protocolos baseados em estradiol são mais utilizados na América do Sul e em rebanhos de corte na Austrália, enquanto os protocolos baseados em GnRH tendem a ser mais usados na América do Norte, Europa e Nova Zelândia, onde o uso de estradiol é proibido. O conhecimento da fisiologia reprodutiva da fêmea, bem como raça, disponibilidade de hormônios comerciais, ordem de parição, condições de manejo nutricional e clima são essenciais para o estabelecimento do melhor protocolo.

Palavras-chave: Inseminação. Protocolos. Sincronização.

Abstract: Timed artificial insemination (TAI) has been considered the most efficient method to increase the number of cows inseminated in a given herd. Therefore, the objective of this work is to describe the main *Hormonal combinations* used in female Zebu cattle in TAI protocols. The TAI treatments in beef cattle were based on the use of progesterone (P4) releasing devices and GnRH or estradiol that aim to *Synch*ronize the emergence of a new follicular wave, and show breeding rates between 50 to 60% in the first insemination. Other associations include the use of eCG, which promotes follicular growth and ovulation, presenting a similar function to LH and FSH and promoting better conception rates in low body condition score (BCS). The insertion of prostaglandin F2 α (PGF2 α) in the protocols allowed the induction of corpus luteum regression and reduction in P4 levels, allowing the growth and ovulation of a new dominant follicle. The association of these hormones gave rise to important *Synch*ronization protocols such as *OnSynch*, *CO-Synch 7 and 5 days* and *J-Synch*. The choice of different protocols aims to optimize the reproductive efficiency of herds in different scenarios. For example, estradiol-based protocols are most used in South America and in beef herds in Australia, while GnRH-based protocols tend to be most used in North America, Europe and New Zealand, where the use of estradiol is prohibited. Knowledge of the female's reproductive physiology, as well as breed, availability of commercial vessels, calving order, nutritional management conditions and climate are essential for establishing the best protocol.

Keywords: Insemination. Protocols. *Synch*ronization.

INTRODUÇÃO

Em 2021 o rebanho brasileiro alcançou 224.602.112 cabeças, se tornando o maior reba-

inho comercial bovino do mundo (IBGE, 2021). Além disso, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne bovina, responsável por cerca de 16,57% das carcaças bovinas comercializadas no mundo. A receita gerada pela comercialização da carne gira em torno de US\$ 7,4 bilhões e 74% da produção é destinada ao abastecimento do mercado interno (Abiec, 2020).

Para se manter e crescer nesse patamar mundial, a pecuária brasileira precisa de constantes investimentos em tecnologias relacionadas a nutrição, melhoramento genético, manejo sanitário e reprodução, visando a máxima eficiência e maior rentabilidade. Neste sentido, destaca-se a reprodução, pois para garantir a velocidade de crescimento exigida pelo mercado, os indicadores de eficiência reprodutiva necessitam apresentar bons resultados (Elísio *et al.*, 2021).

Entretanto, apesar da evolução observada nos últimos anos, alguns indicadores de eficiência produtiva e reprodutiva como baixa taxa de serviço e períodos longos de anestro pós-parto ainda limitam a expansão da atividade e retardam a rentabilidade para o produtor (Lima; Catussi; Carolina, 2022).

Por outro lado, os programas de melhoramento genético são utilizados na seleção de animais com adequadas características reprodutivas como fertilidade, precocidade e alta taxa de parição (Perotto *et al.*, 2006). Neste sentido, o uso das biotécnicas reprodutivas vem ganhando destaque ao longo dos anos, acelerando o ganho genético dos rebanhos.

O uso da inseminação artificial em tempo fixo (IATF) possibilita incremento na eficiência reprodutiva por eliminar a necessidade de observação de estro, induzir a ciclicidade em vacas em anestro, reduzir o intervalo entre partos, além de permitir o retorno e sincronização de cio em vacas com falhas reprodutivas (Bó; Baruselli, 2014).

Assim, a IATF é uma biotecnologia que se encaixa na realidade da pecuária de corte brasileira com capacidade de promover melhora nos indicadores de eficiência reprodutiva e produtiva. Com isso, conhecer os aspectos relacionados a fisiologia reprodutiva das vacas, fatores que podem limitar a ciclicidade e compreender as combinações entre hormônios utilizados na IATF são essenciais para maximizar a eficiência reprodutiva.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é descrever as principais combinações hormonais usadas em fêmeas bovinas zebuínas em protocolos de IATF, trazendo novas perspectivas sobre esta temática de tamanha relevância para a pecuária nacional.

METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa exploratória, realizada por meio de uma pesquisa bibliográfica, a partir da busca nas bases de dados Scielo, PubMed, Scopus, Elsevier, MDPI e Science Direct sobre protocolos de IATF mais utilizados atualmente. A busca foi realizada com as seguintes palavras-chave: IATF, Protocolos hormonais, Combinações hormonais, FTAI, *Hormonal protocols*, *Hormonal combinations*, Vacas e Bovinos de corte. O uso da técnica permitiu a obtenção de estudos, que ofereceram um panorama abrangente para compreensão e leitura das informações.

Artigos, boletins técnicos, livros e trabalhos de conclusão de curso publicados entre janeiro de 2013 e maio de 2023 foram priorizados. No entanto, publicações com tempo superior a 10 anos também foram utilizadas, por constituírem referências reconhecidas e importantes na área trabalhada. Foram excluídos todos os textos que não se enquadravam na temática.

REVISÃO DE LITERATURA

Fisiologia reprodutiva de fêmeas bovinas de corte

A fisiologia reprodutiva da fêmea é regulada pelo eixo endócrino reprodutivo, composto pelo hipotálamo, hipófise e ovários. Depois do início da puberdade, sinais provenientes das regiões supracitadas estimulam a produção ovócitos fertilizáveis, regulado pelo hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) que é secretado pelo hipotálamo e levado para a hipófise anterior pelo sistema porta hipotalâmico-hipofisário. Da hipófise anterior, as gonadotrofinas, hormônio folículo estimulante (FSH) e hormônio lutenizante (LH), são liberadas. (Hafez; Hafez, 2004).

A secreção de GnRH, e consequentemente FSH e LH, é influenciada por estímulos visuais, olfatórios, auditivos e táteis do ambiente e também por sistemas de retroalimentação homeostáticos no próprio animal. O sistema nervoso central somente estará maturo suficientemente para permitir a integração complexa de todos esses sinais com o advento da puberdade (Hafez; Hafez, 2004).

As gonadotrofinas atuam nos ovários mais especificamente nos folículos que secretam hormônios proteicos e esteroides. O FSH estimula o desenvolvimento de folículos, enquanto o LH estimula o a maturação do folículo terciário, evento que culmina na ovulação. Após a ovulação, as células da teca e granulosa se transformam em células luteínicas que darão origem ao corpo lúteo (CL), que tem como função a síntese de progesterona (P4) (Pansani; Beltran, 2009).

Em bovinos, o crescimento folicular ocorre em padrão de ondas, iniciando pelo período de emergência folicular que dura em torno de 3 dias, no qual um pequeno grupo de folículos é recrutado e, estes se desenvolvem sob estímulo principal do FSH (Ginther *et al.*, 1996).

Após esse evento, os folículos apresentam uma fase comum de crescimento e é observado uma discreta redução nas concentrações de FSH, que será o momento da diferenciação entre o folículo dominante e os demais (Fortune; Sirois; Quirk, 1988). O folículo com maior diâmetro (em torno 8,5 mm) se destaca entre os demais, devido ao maior número de receptores do LH nas células da granulosa, que culmina em aumento de estradiol-17 β (E2) circulante e a diminuição de FSH no plasma (Martinez *et al.*, 1999). A medida que o folículo dominante adquire mais receptores de LH nas células da granulosa que os demais, é alterada a dependência de FSH para LH para o seu crescimento (Ono *et al.*, 1986).

O surgimento e crescimento das ondas foliculares ocorre em diferentes fases do ciclo estral das vacas. As fases do ciclo estral em fêmeas bovinas podem ser divididas em estro, metaestro, diestro e proestro. A duração do ciclo tem em média 21 dias, sendo a vaca uma fêmea poliéstrica contínua ou não estacional, em que o cio ocorre de maneira regular durante todo o ano e não depende de fatores climáticos e/ou sazonais (Hafez; Hafez, 2004).

Inseminação artificial em tempo fixo como biotecnologia reprodutiva

O uso da inseminação artificial em tempo fixo (IATF) possibilita a inseminação de grandes plantéis, com controle do estro e ovulação. Além disso, facilita o manejo das vacas e garante melhoria dos índices reprodutivos de forma otimizada (Bó *et al.*, 1994; Pincinato *et al.*, 2012). Ainda, é eficiente em casos de anestro pós-parto, especialmente em bovinos de corte. Neste cenário, a sincronização do estro para a IA melhora o manejo reprodutivo, bem como a utilização da resincronização de forma adequada e mostra-se benéfica para aumentar a taxa de concepção (Godoi; Silva; Paula, 2010).

Os protocolos de IATF utilizam hormônios como a P4, prostaglandina F2 α (PGF2 α),

E2, hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), entre outros, e são baseados nas estratégias de indução da regressão do corpo lúteo e alongamento da fase luteínica de forma artificial (Bó *et al.*, 1994; Pincinato *et al.*, 2012).

A indução da regressão do corpo lúteo é estrategicamente utilizada para que todas as fêmeas induzidas entrem simultaneamente na fase folicular e mantenham esta sincronização durante o estro. Já no alongamento da fase luteínica de forma artificial, é utilizada uma fonte exógena de P4 nas fêmeas, fazendo com que todas entrem na fase folicular ao mesmo tempo a partir do fim bloqueio farmacológico. Em relação ao controle do ciclo estral, há a possibilidade de promoção da sincronização e indução de ovulação (Bó *et al.*, 2016; Bó; Baruselli, 2014).

No ano de 2021 foram comercializados 26.480.025 protocolos de IATF, enquanto em 2022 o número foi de 25.075.120, revelando uma redução de 1.404.905 protocolos vendidos. Mesmo com redução na comercialização observada em 2022, houve aumento no percentual de animais inseminados por IATF que em 2021 foi de 93% versus 97,7% em 2022. Essas informações robustecem a consolidação do uso da IATF no mercado de inseminação artificial da pecuária (Baruselli, 2023).

Existem basicamente dois tipos de protocolos de IATF atualmente utilizados em bovinos de corte, os quais são baseados em GnRH ou em E2, combinados com dispositivos de liberação lenta de P4 (Bó *et al.*, 2018; Bó; Baruselli, 2014). A preferência por um desses protocolos pelos profissionais está relacionada à disponibilidade de hormônios em determinado país. Por exemplo, protocolos baseados em E2 são mais utilizados na América do Sul e em rebanhos de corte na Austrália, enquanto os protocolos baseados em GnRH tendem a ser mais usados na América do Norte, Europa e Nova Zelândia, onde o uso de E2 é proibido (Bó *et al.*, 2016).

Bases hormonais utilizadas na IATF

A regulação do ciclo estral se dá pelo eixo hipotálamo-adenohipófise-ovários. Neste sentido, o GnRH é produzido no hipotálamo e posteriormente transportado pelo sistema porta hipotálamo-hipófise até as células secretoras da adenohipófise, que induzem a liberação de gonadotrofinas. Os níveis circulantes de FSH, LH, estrógeno e P4 são regulados por meio de alterações cíclicas características no padrão da liberação de GnRH, promovidos pelo hipotálamo (Pincinato *et al.*, 2012; De La Mata; Bó, 2012).

Fisiologicamente, a progesterona produzida no CL age como inibidor na geração de pulsos de gonadotrofinas e, com isso, elas são mantidas em concentrações tônicas, inibindo as ondas dinâmicas que desencadeiam a ovulação. Assim, duas formas de controle e duração do ciclo podem ser manipuladas (Bó *et al.*, 2016).

A primeira delas é por meio da utilização de um agente luteolítico com o objetivo de promover a luteólise e o segundo consiste na utilização de um progestágeno que dará origem a uma fase luteínica artificial que culminará na ovulação, assim que for retirada a fonte exógena de P4. Estas duas formas podem ser utilizadas combinadas ou separadamente (Bó *et al.*, 2016; Bó; Baruselli, 2014; Francisco *et al.*, 2018; Godoi; Silva; Paula, 2010).

Neste sentido, a PGF2 α é um fármaco amplamente utilizado na sincronização do cio em vacas, que promove a luteólise e redução nos níveis de P4, permitindo o crescimento e ovulação do folículo dominante. Entretanto, o estro depois do tratamento ocorre ao longo de cinco dias e é influenciado pelo estágio de desenvolvimento do folículo dominante e pela responsividade do corpo lúteo a PGF2 α . Geralmente, no terceiro dia após a administração de PGF2 α , a vaca demonstra o

cio na presença de um CL responsivo à $\text{PGF2}\alpha$ (Bó *et al.*, 2002; Rabaglino *et al.*, 2010).

O E2 é utilizado em diferentes ésteres, dentre eles o benzoato de E2 e o cipionato de E2, com o objetivo de induzir a ovulação do folículo dominante por meio do estímulo à liberação do LH, a escolha dos ésteres de E2 define o número de vezes que os animais são manejados nos protocolos (Colazo; Kastelic; Mapletoft, 2003).

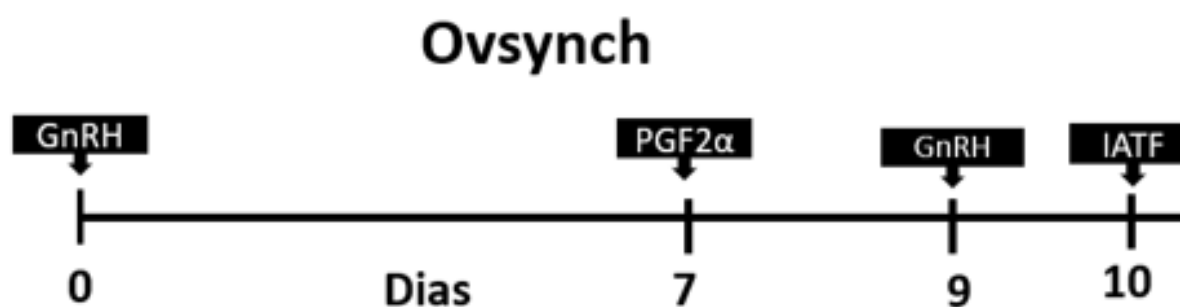
Já a P4 é responsável por alterar a função ovariana com a suspensão da liberação do LH e ovulação. No organismo, a P4 é responsável por manter a gestação e, quando seus níveis são reduzidos em fêmeas gestantes, ocorre o reinício do ciclo e a entrada na fase estrogênica, com consequente contrações do endométrio no útero e perda embrionária/aborto. É utilizada para sincronização do ciclo em vacas não gestantes para induzir o estro após a sua redução abrupta (Levavi-Sivan *et al.*, 2010).

Um outro agente bastante utilizado na IATF é a gonadotrofina coriônica equina (eCG), uma glicoproteína presente no soro de éguas prenhes. É um fármaco de meia vida de até 3 dias, sendo produzido naturalmente nos cálices endometriais de éguas gestantes. No organismo da fêmea, o eCG se liga aos receptores de FSH e LH presentes nos folículos e CL e promove o crescimento folicular e ovulação (Sá Filho *et al.*, 2010a).

Protocolos de IATF e combinações hormonais utilizadas na reprodução de bovinos de corte

O primeiro protocolo de IATF desenvolvido foi denominado de *Ovsynch* (Figura 1) este se baseia na sincronização da ovulação de vacas utilizando GnRH e $\text{PGF2}\alpha$. O protocolo é iniciado com a aplicação de GnRH que induz o crescimento de uma onda folicular e ovulação dos folículos dominantes funcionais. Após 7 dias, a $\text{PGF2}\alpha$ é aplicada com o objetivo de promover a regressão de corpo lúteo (CL) (Pursley *et al.*, 1995).

Figura 1 - Ilustração do protocolo de sincronização *Ovsynch*



Fonte: Adaptado de BÓ *et al.* (2016).

Caso haja um CL resultante da primeira aplicação do GnRH, os 7 dias de intervalo são suficientes para que o CL responda à aplicação de $\text{PGF2}\alpha$. Aproximadamente 48 horas após, é realizada a segunda aplicação de GnRH com o objetivo de induzir um pico de LH, estimulando a ovulação de um folículo dominante, que se estabeleceu no intervalo entre a primeira e a segunda aplicação (Pursley *et al.*, 1995).

Protocolos baseados em GnRH que foram inicialmente desenvolvidos para vacas leiteiras (Pursley; Mee; Wiltbank, 1995), também podem ser utilizados em gado de corte (DAY, 2018). O

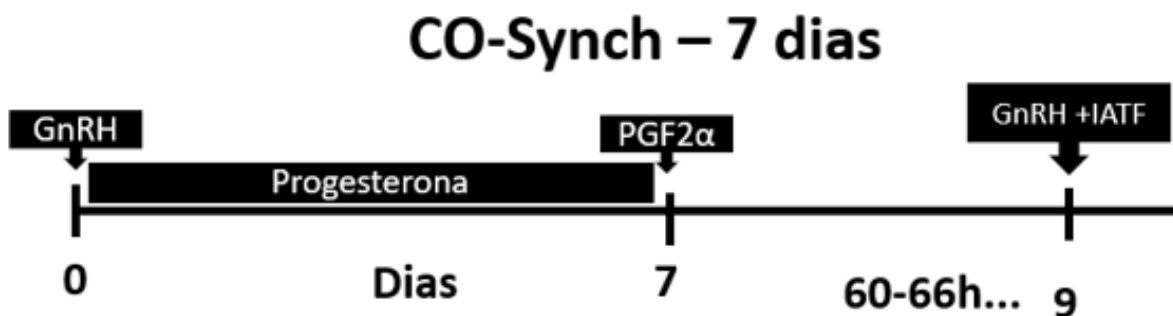
tratamento consiste na administração de GnRH para induzir a liberação de LH e a ovulação do folículo dominante (caso esteja presente) com posterior surgimento de uma nova onda folicular, que ocorre aproximadamente 2 dias depois da primeira aplicação de GnRH (Geary *et al.*, 2001).

Nestes protocolos, a PGF2 α é administrada 7 dias após a primeira aplicação de GnRH para induzir regressão do CL e, em bovinos de corte, um segundo GnRH é administrado no momento da IATF (60 horas depois) para sincronizar a ovulação, protocolo denominado CO-Synch (Geary *et al.*, 2001).

Estudos demonstraram que a porcentagem de novilhas que ovulam na primeira aplicação de GnRH é de 26% a 56% (Colazo; Ambrose, 2011; Lima *et al.*, 2011; Martinez *et al.*, 1999; Rabagliano *et al.*, 2010) enquanto para vacas de corte as taxas de ovulação estão em torno de 60% (Small *et al.*, 2009). Estes estudos apontam que o surgimento de uma nova onda folicular só foi sincronizada quando a primeira aplicação de GnRH promoveu a ovulação (Colazo; Ambrose, 2011).

Se a primeira aplicação de GnRH não sincronizar o surgimento da onda folicular, a ovulação após a segunda aplicação de GnRH pode ser comprometida, resultando em baixas taxas de concepção. Portanto, a adição de um dispositivo liberador de P4 por 7 dias em um protocolo baseado em GnRH (Figura 2), melhorou a taxa de concepção em novilhas e vacas (Martínez *et al.*, 2002), se tornando o tratamento mais usado na sincronização de gado de corte nas Américas (Bó *et al.*, 2016).

Figura 2: Ilustração do protocolo de sincronização CO-Synch de 7 dias



Fonte: Adaptado de Geary *et al.* (2001).

Apesar disso, mesmo sendo um tratamento de utilização prática e fácil, que não exige muita mão-de-obra, estudos têm demonstrado que há uma grande probabilidade de falha na ovulação após a primeira aplicação do GnRH, inviabilizando a sincronização do estro depois da segunda aplicação (Costa, 2006). Uma vez que taxas de prenhez de 47%, 45% e 15% foram observadas em indivíduos cíclicos lactantes, cíclicos não-lactantes e fêmeas em anestro, respectivamente (Palhano *et al.*, 2012).

Diante disso, alguns trabalhos sugerem outra estratégia para aumentar a taxa de ovulação e fertilidade após a primeira aplicação de GnRH, a pré-sincronização. Esta consiste no uso de P4 (injetável ou por dispositivo intrauterino) ou PGF2 α 10 dias antes do início do protocolo de CO-Synch. Porém, ainda não há consenso na literatura sobre o uso da pré-sincronização de novilhas e/ou vacas de corte (Bó *et al.*, 2016).

Small *et al.* (2009) relataram que o uso desse manejo antes de um protocolo CO-Synch não aumentou a taxa de concepção em vacas de corte ou novilhas. Além disso, a aplicação de tratamentos de pré-sincronização em bovinos de corte é complicada, pois é demorado e requer manejo extra

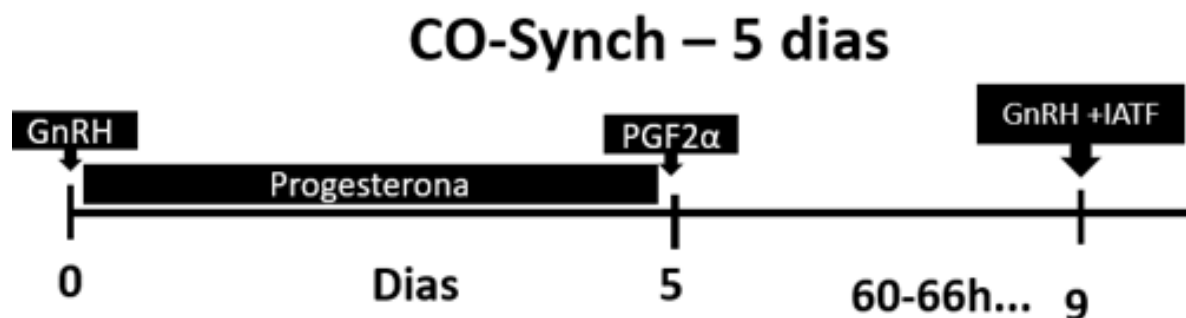
dos animais. No protocolo CO-Synch, a IATF e a segunda administração de GnRH é realizada 54 a 66 horas após a remoção do dispositivo de P4 (Busch *et al.*, 2008).

Os protocolos de GnRH não apresentam bons resultados na sincronização de vacas de corte em anestro pós-parto (Diskin; Austin; Roche, 2002). Novamente, a inserção de um dispositivo liberador de P4 pode melhorar significativamente a taxa de concepção em vacas paridas (Lamb *et al.*, 2001). Esse fato pode ser explicado devido a uma relação negativa entre a concentração circulante de progesterona (P4) e o consumo de matéria seca, que tende a ser aumentado em vacas recém paridas (Rabiee *et al.*, 2002), o que reflete no aumento de metabolismo hepático da P4 devido a um fluxo sanguíneo extremamente elevado (Wiltbank *et al.*, 2011).

Esses protocolos de GnRH também não são indicados para novilhas, pois parecem não sincronizar de forma eficiente a ovulação de novilhas. Provavelmente, por esses indivíduos apresentarem três ondas de crescimento folicular, sendo que animais com três ondas têm menor resposta à primeira aplicação de GnRH, reduzindo a taxa de sincronização. Isso ocorre devido ao fato de o intervalo entre ondas destes animais ser mais curto, resultando em alta possibilidade da presença de folículos com capacidade ovulatória diminuída no momento da aplicação do GnRH (Pursley *et al.*, 1995).

O protocolo CO-Synch de 5 dias, associado ao dispositivo de P4 (Figura 3) é um tratamento baseado em GnRH que ganhou muita atenção recentemente entre produtores de gado de corte, com maior taxa de concepção do que o método mais tradicional CO-Synch de 7 dias (Day, 2018). A base fisiológica desse protocolo é baseada na redução no tempo de inserção do dispositivo de P4, para evitar os efeitos adversos dos folículos persistentes das vacas que não ovulam na primeira aplicação de GnRH e prolongar o período de proestro por meio da manutenção de altos níveis de estrógeno circulante (Bó *et al.*, 2016).

Figura 3 - Ilustração do protocolo de sincronização CO-Synch de 5 dias com uso do dispositivo de P4



Fonte: Adaptado de Geary *et al.* (2011).

A importância de um período prolongado de proestro se baseia em estudos que avaliaram a influência da maturidade folicular na fertilidade em gado de corte (Bridges *et al.*, 2008; Day, 2018). Embora a hipótese tenha sido que o diâmetro folicular seja um forte indicador de fertilidade, a análise cumulativa de vários estudos mostrou que o preditor mais consistente de taxa de concepção na ciclicidade de vacas foi a duração do proestro, ao invés do diâmetro do folículo (Bó *et al.*, 2016; Day, 2018).

O efeito benéfico do proestro prolongado tem sido associado as concentrações de E2 circulante mais altas antes da ovulação e concentrações mais altas de P4 na fase lútea subsequente, especialmente naquelas vacas que não ovularam após o primeiro GnRH. Vacas submetidas ao pro-

toocolo CO-*Synch* de 7 dias que não ovularam após a primeira aplicação de GnRH tiveram uma redução no diâmetro do folículo ovulatório dominante e uma redução substancial nas concentrações pré-ovulatórias de E2 e P4 na fase lútea do que aquelas que ovularam após a primeira aplicação de GnRH.

Por outro lado, em vacas tratadas com o protocolo CO-*Synch* de 5 dias, características endócrinas e foliculares foram semelhantes entre vacas que ovularam ou não após a primeira aplicação de GnRH (Bridges *et al.*, 2014). Em um estudo mais recente, concentrações mais altas de E2 no período pré-ovulatório também foram relacionados a menos perdas embrionárias no período entre o reconhecimento materno da prenhez e a fixação embrionária (Madsen *et al.*, 2015).

Já o uso do eCG nos protocolos a base de GnRH são limitados em países onde o eCG não é disponível para comercialização. No entanto, a adição de eCG em um protocolo CO-*Synch* com dispositivos de P4 com aplicação de GnRH e a IATF 66 horas após remoção do dispositivo de P4 resultou em uma melhora na taxa de concepção em vacas *Bos indicus* em anestro pós-parto e em vacas *Bos taurus* primíparas que não foram pré-sincronizadas; porém, não houve melhora na taxa de concepção em vacas *Bos taurus* com alto ECC (Marquezini *et al.*, 2013; Pincinato *et al.*, 2012).

Além dos efeitos do eCG no desenvolvimento folicular, foi demonstrado que o tratamento com eCG modificou positivamente algumas características relacionadas à esteroidogênese (Rigoglio *et al.*, 2013), aumentando expressão de enzimas esteroidogênicas (P450scc, 3b-HSD, e StAR) no CL (Fátima *et al.*, 2013).

Estas características são propícias para uma maior taxa de concepção de vacas em anestro pós-parto tratadas com eCG, especialmente naqueles com baixo ECC. Assim, a utilização do eCG para promover o aumento das concentrações plasmáticas de P4 após a utilização da IA tem sido amplamente utilizada com o intuito de melhorar as taxas de concepção (Marquezini *et al.*, 2013; Núñez-Olivera *et al.*, 2014; Small *et al.*, 2009).

A maioria dos tratamentos aplicados em vacas de corte lactantes na América do Sul envolvem a aplicação do eCG no momento da remoção do dispositivo liberador de P4 (Bó *et al.*, 2002; Bó; Baruselli; Mapletoft, 2018). O efeito mais importante do eCG está relacionado a estimulação do crescimento do folículo dominante e subsequente aumento na taxa de ovulação, especialmente, em vacas com anestro pós-parto e/ou baixo ECC (Bó *et al.*, 2019). Além disso, o tratamento com eCG pode aumentar as concentrações de P4 no período lúteo, como consequência do aumento do diâmetro do CL (Sá Filho *et al.*, 2010a; Núñez-Olivera *et al.*, 2014).

Estes, frequentemente são utilizados em tratamentos a base da associação de E2 e P4, os quais têm sido amplamente usados nos últimos anos na sincronização de estro em vacas de corte (Bó *et al.*, 2019), sendo considerado o tratamento preferencial para IATF de fêmeas bovinas na América do Sul (Bó; Baruselli; Mapletoft, 2018).

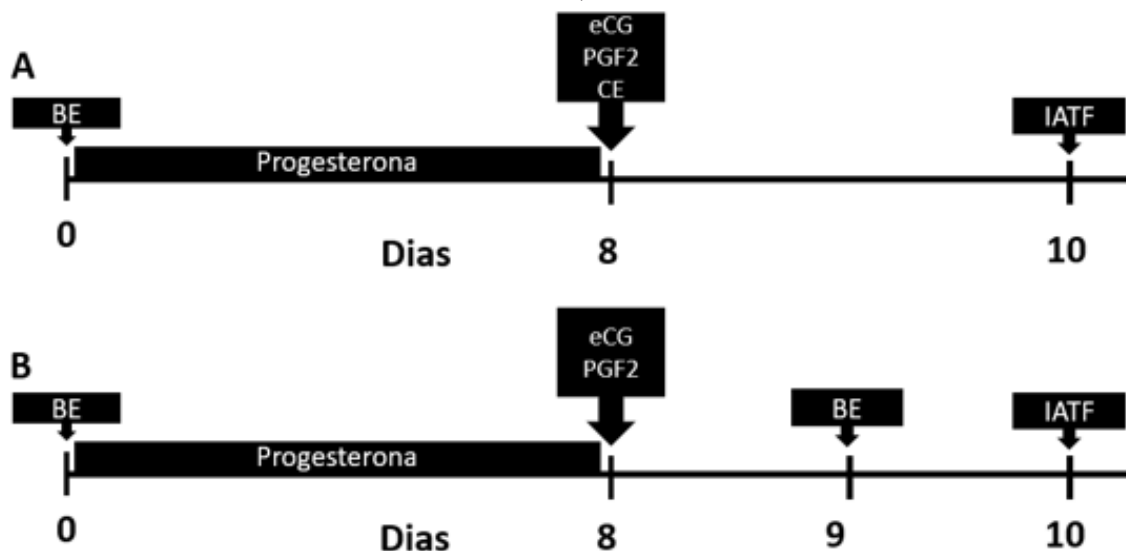
O tratamento consiste na inserção de um dispositivo liberador de P4 e a administração de 2 mg de benzoato de estradiol (BE) no dia 0 (para induzir a atresia folicular e sincronizar o surgimento de uma nova onda de crescimento folicular) (Bó *et al.*, 2002).

A PGF2 α é aplicada no momento da remoção do dispositivo de P4, que ocorre nos dias 7, 8 ou 9 (para garantir a luteólise) com subsequente aplicação de 1 mg de BE 24 horas depois (Bó *et al.*, 2002) ou, GnRH ou LH 54 horas depois (Martínez *et al.*, 2002) ou, 0,5 - 1mg de cipionato de estradiol (CE) no momento da remoção do dispositivo de P4 para sincronizar a ovulação (Bó; Baruselli; Mapletoft, 2018; Colazo; Kastelic; Mapletoft, 2003).

Após a retirada do implante de P4, baixas doses de estrógeno entre 0 e 24 horas são su-

ficientes para promover o pico de LH. Em relação ao uso de estrógenos, tanto BE quanto o CE são eficientes em induzir a ovulação sem alterar a taxa de prenhez em protocolos a base de E2 e P4. Entretanto, considerando que a utilização do CE pode ser feita no momento da retirada do implante, este é o indutor de eleição, já que é necessário um manejo a menos (Figura 4) (Bó *et al.*, 2018; Colazo; Kastelic; Mapletoft, 2003; Madsen *et al.*, 2015).

Figura 4 - Ilustração dos protocolos de sincronização a base de estrógeno e progesterona de 3 (A) e 4 (B) manejos



Fonte: Adaptado de Bó; Baruselli; Mapletoft (2018).

Fisiologicamente nos protocolos que realizam a associação de estrógeno e P4, ocorre inibição na secreção de FSH e LH, o que faz com que os folículos ovarianos sofram atresia, independentemente da fase do ciclo estral (Bó; Baruselli; Mapletoft, 2018). Quando o E2 é metabolizado, o efeito inibitório sobre o FSH é encerrado e seus níveis aumentam na circulação, dando origem a uma nova onda folicular. No fim desse protocolo de sincronização, a luteólise é promovida com PGF2 α e posteriormente a ovulação é induzida (Bó *et al.*, 2018; Bó; Baruselli, 2014).

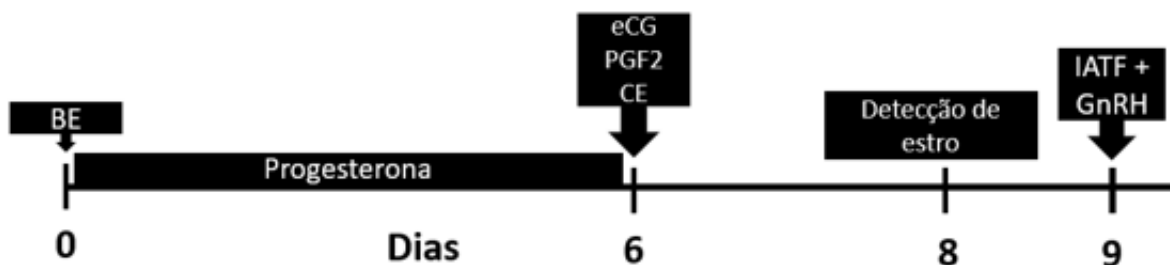
A associação de estrógeno e P4 induz a sincronização de uma nova onda folicular entre 4 e 5 dias após sua administração. Neste caso, o estrógeno pode atuar como agente luteolítico e, a P4 possui ação importante de inibir o desenvolvimento de um CL e evitar a ovulação. Posteriormente, a aplicação de estrógenos induz o pico pré-ovulatório de LH e ovulação, o que justifica a inclusão do E2 nos protocolos de sincronização. Além disso, favorece a ação da PGF2 α , aumentando a precisão da sincronização (Francisco *et al.*, 2018; Mion *et al.*, 2019).

Vacas de corte com folículos ovulatórios maiores apresentaram maior taxa de ovulação e maior taxa de concepção (Perry *et al.*, 2007). Além disso, considerando apenas as vacas que ovularam após a IATF, a taxa de concepção melhora à medida que aumenta o tamanho do folículo (Sá Filho *et al.*, 2010b). Portanto, a ovulação de folículos maiores pode ser responsável por outros eventos, como a melhoria na produção de E2 endógeno, competência oocitária, diâmetro do CL e concentração de P4 na fase lútea, o que conseqüentemente pode beneficiar a fertilidade de vacas de corte submetidas a IATF (Bó *et al.*, 2016).

Outro protocolo denominado J-Synch (Figura 5) consiste no uso de E2 e P4 para aumentar o período de proestro. Adaptações foram realizadas neste protocolo em relação aos demais que

também utilizam E2 e P4, dentre elas destaca-se o menor tempo de inserção do dispositivo de P4 de 6 dias e não mais de 7 ou 8 dias, além da aplicação de GnRH como indutor da ovulação, 72 horas depois da remoção do dispositivo de P4 e juntamente com a IATF, garantindo um proestro mais duradouro e melhores taxas de concepção (Bó; Baruselli, 2014; Rosa; Bó, 2012).

Figura 5 - Ilustração do protocolo de sincronização de J-Synch



Fonte: Adaptado de Mion *et al.* (2019).

Yáñez-Avalos *et al.* (2021) mostraram os resultados de taxa prenhez de dois protocolos IATF, inseminando vacas de duplo propósito da Amazônia equatoriana, 60 e 72 horas após a retirada do dispositivo intravaginal impregnado com P4, no qual o protocolo J-Synch de 60 horas com eCG teve a melhor taxa de prenhez em comparação com o protocolo J-Synch de 72 horas com eCG.

Cedeño e Bó (2021) compararam a dinâmica folicular e lútea de um tratamento alternativo de prolongamento do proestro J-Synch de 7 dias de P4 em novilhas de corte *Bos indicus* para a IATF, concluindo que a extensão de um dia a mais de P4 no tratamento J-Synch de 7 dias não altera as características do folículo dominante ovulatório e o momento da ovulação em relação ao protocolo J-Synch de 6 dias, embora ambos os protocolos de proestro prolongado apresentem o intervalo para a ovulação maior do que em animais tratados com o protocolo convencional com CE como indutor da ovulação.

CONCLUSÃO

Protocolos que controlam a regressão do corpo lúteo com posterior desenvolvimento folicular e ovulação usando GnRH, PGF2 α , E2 e dispositivos de liberação lenta de P4 fornecem a oportunidade de aplicar a IATF em rebanhos de corte sem necessidade de detecção de estro e taxas de concepção de 50% ou mais com uma única inseminação. A adição de eCG na retirada do dispositivo de para estimular o crescimento do folículo ovulatório dominante é importante para aumentar a taxa de concepção em vacas com anestro pós-parto ou baixo ECC. Tratamentos mais curtos de sincronização da ovulação que fornecem um proestro mais longo são uma alternativa interessante para IATF e resultam em aumento da taxa de concepção em vacas de corte e novilhas.

REFERÊNCIAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. **Exportações Brasileiras de Carne Bovina, 2020**. Disponível em: <https://www.abiec.com.br> Acesso em: 01 nov. de 2022.

ALVES, Rodrigo L.O.R.; SILVA, Mateus A.; CONSENTINI, Carlos E.C.; SILVA, Lucas O. e; FOLCHINI, Natália P.; OLIVA, Abraham L.; PRATA, Alexandre B.; GONÇALVES, José Renato S.; WILTBANK, Milo C.; SARTORI, Roberto. *Hormonal combinations aiming to improve reproductive outcomes of Bos indicus cows submitted to estradiol/progesterone-based timed AI*

protocols. **Theriogenology**, v. 169, p. 1-11, 2021.

BARUSELLI, P. S.; CARVALHO, N. A. T. **Artificial insemination in developing countries**. In: Congresso Nazionale sull'allevamento del bufalo. Anais... proceedings Roma: [s.n.], . p. 177-192, 2003.

BARUSELLI, P.S. Com desaceleração de 5% em 2022, mercado da IATF registra primeiro recuo em 20 anos. **Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP**, 7ª ed., 2023. Disponível em: <http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra/>. Acesso em:

BO, G. A. *et al.* Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. **Bioscientifica Proceedings**, v. 6, p. 223–236, 2019.

BÓ, G. A. *et al.* The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. **Theriogenology**, v. 57, n. 1, p. 53–72, 2002.

BÓ, G. A. *et al.* Alternative programs for *Synchronizing* and re*Synchronizing* ovulation in beef cattle. **Theriogenology**, v. 86, n. 1, p. 388–396, 2016.

BÓ, G. A. *et al.* Programs for fixed-time artificial insemination in South American beef cattle. **Proceedings of the 10th International Ruminant Reproduction Symposium (IRRS)**, Foz do Iguaçu, 2018.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S. *Synchronization* of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. **Animal**, v. 8: s1, p. 144–150, 2014.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MAPLETOFT, R. J. *Synchronization* techniques to increase the utilization of artificial insemination in beef and dairy cattle. **Animal Reproduction**, v. 10, n. 3, p. 137–142, 2018.

BO, G. A.; *et al.* Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. **Bioscientifica Proceedings**, v. 6, p. 223-236, 2019.

BRIDGES, G. A. *et al.* Decreasing the interval between GnRH and PGF2 α from 7 to 5 days and lengthening proestrus increases timed-AI pregnancy rates in beef cows. **Theriogenology**, v. 69, n. 7, p. 843–851, 2008.

BRIDGES, G. A. *et al.* Comparison of follicular dynamics and hormone concentrations between the 7-day and 5-day CO-*Synch* + CIDR program in primiparous beef cows. **Theriogenology**, v. 81, n. 4, p. 632–638, 2014.

BUSCH, D. C. *et al.* Timing of artificial insemination in postpartum beef cows following administration of the CO-*Synch* + controlled internal drug-release protocol. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 7, p. 1519–1525, 2008.

CEDEÑO, A. V; BÓ, G. A. Effect of length of insertion of a progesterone device on follicular diameter, time of ovulation, and pregnancy rates in *Bos indicus* cows treated with an oestradiol/progesterone-based protocol with a prolonged proestrus. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 33, n. 2, p. 166–167, 2021.

COLAZO, M. G.; AMBROSE, D. J. Neither duration of progesterone insert nor initial GnRH treatment affected pregnancy per timed-insemination in dairy heifers subjected to a CO-*Synch* protocol. **Theriogenology**, v. 76, n. 3, p. 578–588, 2011.

COLAZO, M. G.; KASTELIC, J. P.; MAPLETOFT, R. J. Effects of estradiol cypionate (ECP) on ovarian follicular dynamics, *Synchrony* of ovulation, and fertility in CIDR-based, fixed-time AI programs in beef heifers. **Theriogenology**, v. 60, n. 5, p. 855–865, 2003.

- COSTA, J.M.B. **Estudo comparativo de algumas características digestivas entre bovinos (Charolês) e bubalinos (Jafarabad)**. 1986. 132f. Monografia/Dissertação/Tese (Especialização/ Mestrado/Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia
- DAY, M. L. State of the art of GnRH-based timed AI in beef cattle. **Animal Reproduction**, v. 12, n. 3, p. 473–478, 2018.
- DE LA MATA, J. J.; BÓ, G. A. Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos de benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. **Taurus**, v. 55, p. 17-23, 2012.
- DISKIN, M. G.; AUSTIN, E. J.; ROCHE, J. F. Exogenous hormonal manipulation of ovarian activity in cattle. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 23, n. 1, p. 211–228, 2002.
- ELÍSIO, G. C. M. *et al.* Cadeia produtiva da carne bovina: contexto e desafios futuros. **Embrapa Gado de Corte**, Campo Grande, 2021.
- FÁTIMA, L. A. *et al.* Global gene expression in the bovine corpus luteum is altered after stimulatory and superovulatory treatments. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 25, n. 7, p. 998–1011, 2013.
- FORTUNE, J. E.; SIROIS, J.; QUIRK, S. M. The growth and differentiation of ovarian follicles during the bovine estrous cycle. **Theriogenology**, v. 29, n. 1, p. 95–109, 1988.
- FRANCISCO, L. *et al.* Different protocols using PGF 2 a as ovulation inducer in Nelore cows subjected to estradiol-progesterone timed AI based protocols. **Theriogenology**, v. 120, p. 56–60, 2018.
- GEARY, T. W. *et al.* Calf removal improves conception rates to the *OvSynch* and *CO-Synch* protocols. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 1, p. 1–4, 2001.
- GINTHER, O. J. *et al.* Selection of the dominant follicle in cattle. **Biology of Reproduction**, v. 55, n. 6, p. 1187–1194, 1996.
- GINTHER, O. J. *et al.* Mechanism of follicle deviation in monovular farm species. **Animal Reproduction Science**, v. 78, n. 3–4, p. 239–257, 2003.
- GODOI, C. R.; SILVA, E. F. P.; PAULA, A. P. DE. Inseminação artificial em tempo fixo (IATF) em bovinos de corte. **PUBVET**, v. 4, n. 14, 2010.
- HAFEZ, B.; HAFEZ, E. S. E. **Reprodução Animal**. 7. ed. São Paulo: Manole. P. 513, 2004.
- LAMB, G. C. *et al.* Inclusion of an intravaginal progesterone insert plus GnRH and prostaglandin F2 α for ovulation control in postpartum suckled beef cows. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 9, p. 2253–2259, 2001.
- LEVAVI-SIVAN, B. *et al.* General and Comparative Endocrinology Perspectives on fish gonadotropins and their receptors. **General and Comparative Endocrinology**, v. 165, n. 3, p. 412–437, 2010.
- LIMA, B.; CATUSSI, C.; CAROLINA, A. IATF em números: evolução e projeção futura. **Anais da VI Reunião Anual da Associação Brasileira de Andrologia Animal**, Campinas, 2022.
- LIMA, F. S. *et al.* Effects of gonadotropin-releasing hormone at initiation of the 5-d timed artificial insemination (AI) program and timing of induction of ovulation relative to AI on ovarian dynamics and fertility of dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 94, n. 10, p. 4997–5004, 2011.
- MADSEN, C. A. *et al.* Effects of preovulatory estradiol on embryo survival and pregnancy estab-

lishment in beef cows. **Animal Reproduction Science**, v. 158, p. 96–103, 2015.

MAPLETOFT, R. J.; BÓ, G. A.; ADAMS, G. P. **Techniques for Synchronization of follicular wave emergence and ovulation: Past, present and future**. Biotecnologia da Reprodução em Bovinos. In: 3º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL APLICADA, Londrina, 2008. Anais... Londrina - PR, 2008. p. 21-25.

MARQUEZINI, G. H. L. *et al.* Effects of equine chorionic gonadotropin on follicle development and pregnancy rates in suckled beef cows with or without calf removal. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 3, p. 1216–1224, 2013.

MARTINEZ, M. F. *et al.* Effect of LH or GnRH on the dominant follicle of the first follicular wave in beef heifers. **Animal Reproduction Science**, v. 57, n. 1, p. 23–33, 1999.

MARTÍNEZ, M. F. *et al.* The use of progestins in regimens for fixed-time artificial insemination in beef cattle. **Theriogenology**, v. 57, n. 3, p. 1049–1059, 2002.

MION, Bruna *et al.* J-Synch protocol associated with estrus detection in beef heifers and non-lactating cows. **Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 13, n. 2, p. 269-274, 2019.

NÚÑEZ-OLIVERA, R. *et al.* Ovulatory response and luteal function after eCG administration at the end of a progesterone and estradiol¹ based treatment in postpartum anestrous beef cattle. **Animal Reproduction Science**, v. 146, n. 3, p. 111–116, 2014.

ONO, T. *et al.* Biochemical and physiologic characterization of follicle regulatory protein: A paracrine regulator of folliculogenesis. **American Journal of Obstetrics and Gynecology**, v. 154, n. 4, p. 709–716, 1986.

PALHANO, Helcimar Barbosa *et al.* Efeito da ciclicidade de vacas Nelore sobre as taxas de concepção e de prenhez após protocolos de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 34, n. 1, p. 63-68, 2012.

PANSANI, M. A.; BELTRAN, M. P. Anatomia e fisiologia do aparelho reprodutor de fêmeas bovinas. **Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária**, v. 7, n. 12, 2009.

PERRY, G. A. *et al.* Relationship between size of the ovulatory follicle and pregnancy success in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 3, p. 684–689, 2007.

PEROTTO, D.; ABRAHÃO, J. J. S.; KROETZ, I. A. Intervalo de partos de fêmeas bovinas Nelore, Guzará x Nelore, Red Angus x Nelore, Marchigiana x Nelore e Simental x Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.733-741, 2006.

PINCINATO, D. *et al.* **Follicular dynamics and fertility in beef suckled cows Synchronized with progesterone releasing devices and GnRH**. Master of Science Thesis, Faculty of Agriculture Sciences, National University of Cordoba, Cordoba, Argentina, 2012.

PURSLEY, J. R.; MEE, M. O.; WILTBANK, M. C. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF_{2α} and GnRH. **Theriogenology**, v. 44, n. 7, p. 915–923, 1995.

PURSLEY, J. R. *et al.* Pregnancy rates per artificial insemination for cows and heifers inseminated at a Synchronized ovulation or Synchronized estrus. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 2, p. 295-300, 1997.

RABAGLINO, M. B. *et al.* Application of one injection of prostaglandin F_{2α} in the five-day CO-Synch+CIDR protocol for estrous Synchronization and reSynchronization of dairy heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 3, p. 1050–1058, 2010.

RABIEE, A. R. *et al.* Effects of level of feeding and progesterone dose on plasma and faecal

progesterone in ovariectomised cows. **Animal Reproduction Science**, v. 73, n. 3-4, p. 185-195, 2002.

RIGOGGLIO, N. N. *et al.* Equine chorionic gonadotropin alters luteal cell morphologic features related to progesterone synthesis. **Theriogenology**, v. 79, n. 4, p. 673–679, 2013.

SÁ FILHO, M. F. *et al.* Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based, timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (*Bos indicus*) cows. **Theriogenology**, v. 73, n. 5, p. 651–658, 2010a.

SÁ FILHO, M. F. *et al.* Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous *Synch*ronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. **Animal Reproduction Science**, v. 120, n. 1, p. 23–30, 2010b.

SMALL, J. A. *et al.* Effects of progesterone pre*Synch*ronization and eCG on pregnancy rates to GnRH-based, timed-AI in beef cattle. **Theriogenology**, v. 71, n. 4, p. 698–706, 2009.

WILTBANK, Milo C. *et al.* Improving fertility to timed artificial insemination by manipulation of circulating progesterone concentrations in lactating dairy cattle. **Reproduction, Fertility and Development**, v. 24, n. 1, p. 238-243, 2011.

YÁÑEZ-AVALOS, D. O. *et al.* Protocols J-*Synch* with and without eCG in Brown Swiss and Crosses White *Bos indicus* Cows in the Ecuadorian amazons. **LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida**, v. 33, n. 1, p. 8–20, 2021.

Capítulo 7

IMPACTO DAS PRINCIPAIS MICOTOXINAS NA SAÚDE E DESEMPENHO DE SUÍNOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Impact of the main mycotoxins on the health and performance of pigs: a literature review

Paola Pilonetto Pereira

Egressa do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Eric Mateus Nascimento de Paula

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Izabella Ferreira Queiroz

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: As micotoxinas representam um dos principais desafios sanitários e produtivos na suinocultura, uma vez que são produzidas por fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, contaminando grãos utilizados na fabricação de rações. Entre as toxinas de maior relevância clínica destacam-se aflatoxinas, fumonisinas, deoxinivalenol (DON), toxina T-2, zearalenona e ocratoxina A, que podem provocar efeitos agudos, subclínicos e crônicos, afetando o crescimento, a imunidade, o metabolismo e o desempenho reprodutivo, sobretudo em animais jovens. O objetivo deste estudo foi analisar os principais impactos dessas micotoxinas na saúde e na produtividade de suínos. Para isso, realizou-se uma revisão bibliográfica narrativa, utilizando artigos científicos, livros e documentos técnicos publicados entre 2010 e 2025, selecionados em bases como PubMed, Scopus, SciELO e Google Scholar, de acordo com relevância, atualidade e consistência metodológica. Observou-se que a presença dessas toxinas nos ingredientes vegetais é favorecida por fatores ambientais e práticas inadequadas de armazenamento e processamento. Mesmo em níveis moderados, as micotoxinas podem reduzir o desempenho zootécnico, comprometer o sistema imune e causar alterações metabólicas e reprodutivas. Assim, evidencia-se que o monitoramento contínuo das matérias-primas, aliado a estratégias preventivas de manejo e controle de qualidade, é essencial para reduzir os riscos e assegurar a sustentabilidade da produção suinícola.

Palavras-chave: Contaminação alimentar. Fungos. Sanidade. Suinocultura. Toxicidade alimentar.

Abstract: Mycotoxins represent one of the main sanitary and productive challenges in swine production, as they are produced by fungi of the genera *Aspergillus*, *Fusarium*, and *Penicillium*, which contaminate grains used in feed manufacturing. Among the most clinically relevant toxins are aflatoxins, fumonisins, deoxynivalenol (DON), T-2 toxin, zearalenone, and ochratoxin A, all capable of causing acute, subclinical, and chronic effects that impair growth, immunity, metabolism, and reproductive performance, especially in young animals. The objective of this study was to analyze the main impacts of these mycotoxins on the health and productivity of swine. A narrative literature review was conducted using scientific articles, books, and technical documents published between 2010 and 2025, selected from databases such as PubMed, Scopus, SciELO, and Google Scholar, based on relevance, recency, and methodological consistency. The findings indicate that the presence of these toxins in plant-based ingredients is influenced by environmental factors and inadequate storage and processing practices. Even at moderate levels, mycotoxins can reduce growth performance, compromise the immune system, and cause metabolic and reproductive alterations. Therefore, continuous monitoring of raw materials, combined with preventive management strategies and strict quality control, is essential to mitigate risks and ensure the sustainability of swine production.

Keywords: Feed contamination. Fungi. Animal health. Swine production. Feed toxicity.

INTRODUÇÃO

A suinocultura ocupa posição de destaque no agronegócio mundial, sendo uma das principais cadeias produtivas responsáveis pelo fornecimento de proteína de origem animal à população. No entanto, a eficiência desse setor pode ser negativamente afetada por diversos fatores sani-

tários, os quais interferem diretamente no bem-estar dos animais, no desempenho produtivo e na segurança dos alimentos destinados ao consumo humano. Entre esses fatores, merecem atenção as micotoxicoses, enfermidades decorrentes da ingestão de micotoxinas presentes em grãos e rações utilizadas na alimentação dos suínos (Moreira *et al.*, 2018).

As micotoxinas são metabólitos tóxicos produzidos por fungos filamentosos, dos gêneros *Aspergillus*, *Penicillium* e *Fusarium*. Esses fungos apresentam uma distribuição nos sistemas agrícolas, em regiões tropicais e subtropicais, onde a presença de alta umidade e elevação das temperaturas favorece o desenvolvimento, quanto a síntese das toxinas (Roudsari *et al.*, 2021).

Maneiras inadequadas de armazenamento dos grãos e rações, com presença da umidade, acúmulo de matéria orgânica e ventilação insuficiente no local, possui fatores determinantes para o crescimento e desenvolvimento fúngico e aumento da contaminação por micotoxinas. Essa deterioração, pode afetar a qualidade nutricional dos alimentos, trazendo risco sanitário para suínos de todas as fases produtivas (Dias; Da Silva; Manteca, 2015).

Diante desse contexto, é essencial aprofundar o entendimento dos mecanismos fisiológicos e metabólicos relacionados à ação tóxica das micotoxinas, especialmente porque muitos efeitos de caráter subclínico ainda são pouco investigados e podem comprometer de forma silenciosa o desempenho zootécnico, o desenvolvimento intestinal, a resposta imunológica e a eficiência reprodutiva dos animais ao longo de sua vida produtiva. Além disso, o estudo presente tem como objetivo analisar os mecanismos de ação das principais micotoxinas que acometem suínos, com ênfase naquelas de maior ocorrência no Brasil, discutir os sinais clínicos e lesões associadas, revisar os possíveis caminhos de exposição e apresentar estratégias de prevenção e controle aplicadas na produção suína contemporânea.

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, de abordagem qualitativa, desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica narrativa sobre micotoxinas na suinocultura.

A busca dos estudos foi realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, SciELO e Google Scholar, abrangendo publicações no período de 2010 a 2025. Utilizaram-se descritores em português e inglês relacionados às micotoxinas e a suinocultura, combinados por operadores booleanos. Foram incluídos artigos completos, nos idiomas português, inglês e espanhol, que abordassem aspectos de toxicidade, efeitos fisiopatológicos, impacto produtivo, diagnóstico e estratégias de controle das micotoxinas em suínos. Excluíram-se estudos fora do período estabelecido, duplicados, sem relação direta com a suinocultura ou sem respaldo científico adequado. A seleção ocorreu por leitura de títulos, resumos e textos completos, sendo os dados analisados de forma descritiva e interpretativa.

REVISÃO DE LITERATURA

Contaminação fúngica em grãos e ração

O crescimento fúngico e a formação de micotoxinas são dependentes de uma série de fatores, como umidade, temperatura, presença de oxigênio, tempo para o crescimento fúngico, constituição de substratos, características genéticas, lesões nos grãos causadas por insetos, sistema

de secagem e armazenamento incorreto (Ferrigo; Raiola; Causin, 2016).

Sabe-se que existem inúmeras espécies fúngicas e que algumas podem liberar micotoxinas que infectam os grãos, entretanto, as micotoxinas são divididas em espécie fúngica e cada uma delas pode infectar um grão específico (Quadro 1).

Quadro 1. Correlação entre espécies fúngicas, micotoxinas e os principais grãos afetados

ESPÉCIE FÚNGICA	MICOTOXINAS PRODUZIDAS	GRÃOS RELACIONADOS
<i>ASPERGILLUS FLAVUS</i>	AFLATOXINAS	MILHO, AMENDOIM, ALGODÃO, CASTANHAS
<i>ASPERGILLUS PARASITICUS</i>	AFLATOXINAS (PRINCIPALMENTE B1)	MILHO, AMENDOIM
<i>ASPERGILLUS NOMIUS</i>	AFLATOXINAS	MILHO, AMENDOIM
<i>PENICILLIUM VERRUCOSUM</i>	OCRATOXINA A (OTA)	TRIGO, CEVADA, AVEIA
<i>FUSARIUM GRAMINEARUM</i>	DEOXINIVALENOL (DON), ZEARALENONA	MILHO, TRIGO, CEVADA
<i>FUSARIUM CULMORUM</i>	DEOXINIVALENOL (DON), ZEARALENONA	TRIGO, CEVADA, MILHO
<i>FUSARIUM VERTICILLIODES</i>	FUMONISINAS (B1)	MILHO
<i>FUSARIUM SPOROTRICHIOIDES</i> ; <i>FUSARIUM POAE</i>	TOXINA T-2	CEVADA, AVEIA, TRIGO, MILHO
<i>FUSARIUM PROLIFERATUM</i>	FUMONISINAS	MILHO, ARROZ

Fonte: Eskola, *et al.*, 2020.

Como as micotoxinas são bastante resistentes às condições ambientais, como mudanças de temperatura, umidade e armazenamento, elas podem causar efeitos tóxicos que variam de leves a graves, dependendo da quantidade e do tempo de exposição (Pessoa *et al.*, 2022). Portanto, cada micotoxina tem suas próprias características e precisa de uma combinação adequada de temperatura, umidade e quantidade de água para se ativar corretamente (Tabela 1).

Tabela 1. Condições favoráveis para a produção de diferentes micotoxinas

TOXINA	TEMPERATURA IDEAL	ATIVIDADE DE ÁGUA (AW)	UMIDADE (%)	TEMPO PARA PRODUÇÃO
AFLATOXINA (B1 E B2)	20 A 30 °C	0,82	16%	1 A 3 DIAS
OCRATOXINA	12 A 24 °C	0,92	16%	7 A 14 DIAS
DON	4 A 36 °C	0,92	19%	7 A 14 DIAS
TOXINA T-2	4 A 36 °C	0,95	19%	7 A 14 DIAS
FUMONISINA (B1)	4 A 36 °C	0,95	19%	7 A 14 DIAS
ZEARALENONA	4 A 36 °C	0,95	23%	7 A 14 DIAS

Fonte: Lahouar *et al.*, 2016.

Além disso, as micotoxinas podem ser classificadas segundo sua polaridade, o que influencia diretamente sua interação com adsorventes utilizados na nutrição animal (Tabela 2). Os seus compostos como aflatoxina B1 e fumonisina B1 apresentam maior polaridade, característica que favorece sua ligação a materiais adsorventes.

Tabela 2. Propriedades físico-químicas relevadas para adsorção de micotoxinas

MICOTOXINA	POLARIDADE	PESO MOLECULAR APROXIMADO (DA)	SOLUBILIDADE	AFINIDADE GERAL POR ADSORVENTES
AFLATOXINA B1	ALTA	312	MODERADA	ALTA
FUMONISINA B1	ALTA	721	ALTA (HIDROFÍLICA)	ALTA
DEOXINIVALENOL (DON)	MODERADA	296	ALTA	BAIXA A MODERADA
ZEARALENONA	BAIXA	318	BAIXA (LIPOFÍLICA)	BAIXA
TOXINA T-2	BAIXA	466	BAIXA	BAIXA
OCRATOXINA A	MODERADA	403	BAIXA A MODERADA	MODERADA

Fonte: Vila-Donat, *et al.*, 2018

Por outro lado, propriedades físico-químicas adicionais como peso molecular, solubilidade, estado de ionização e capacidade de dissociação, também interferem na eficiência do processo de adsorção. Esses fatores determinam a afinidade entre micotoxina e adsorvente e contribuem para a eficácia na redução da biodisponibilidade das toxinas na dieta dos suínos (Vila-Donat *et al.*, 2018).

Principais micotoxinas de importância em suinocultura

Aflatoxinas

As aflatoxinas, em especial as variantes B1 e B2, representam um dos maiores riscos tóxicos ligados às rações na suinocultura, devido ao seu forte potencial de causar danos ao fígado, suprimir a imunidade e induzir ao câncer (Kowalska; Habrowska-Górczyńska; Piastowska-Ciesielska, 2016). Esses compostos tóxicos são majoritariamente gerados pelos fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, que prosperam em grãos quando expostos a altas temperaturas, alta umidade, danos físicos, estresse durante o cultivo e o armazenamento (Perrone; Gallo, 2017).

A contaminação pode começar ainda na lavoura, especialmente em condições de déficit hídrico ou danos nos grãos, que propiciam a presença de fungos. Após a colheita, problemas industriais como a secagem inadequada, a verificação incorreta da umidade do grão, a pré-limpeza e a moagem, que favorecem a reprodução de fungos e, conseqüentemente, a formação de aflatoxinas (Kowalska; Habrowska-Górczyńska; Piastowska-Ciesielska, 2016).

Nas fases de processamento industrial dos ingredientes, como moagem, paletização e extrusão, pode haver diminuição da carga de microrganismos, porém as aflatoxinas geralmente permanecem inalteradas, já que possuem alta estabilidade ao calor e resistência a mudanças físico-químicas (Alexander *et al.*, 2012).

Após consumir a ração contaminada, a aflatoxina B1 é rapidamente absorvida no sistema digestivo e levada ao fígado, onde passa por biotransformação por meio das enzimas do sistema citocromo P450, resultando em metabólitos altamente reativos, como o peróxido da AFB1, que causa danos ao DNA, bloqueio da síntese de proteínas e alterações nos processos metabólicos (Li *et al.*, 2017).

Esses efeitos levam à redução do ganho de peso, piora na conversão alimentar e maior

vulnerabilidade a infecções, caracterizando quadros subclínicos que frequentemente ocorrem em sistemas produtivos (Trevisi *et al.*, 2020). Em graus mais altos de exposição, os sinais clínicos tornam-se visíveis, incluindo falta de apetite, letargia, coloração amarelada da pele e dos olhos, diarreia, sangramentos, aumento do fígado e redução da imunidade (Alexander *et al.*, 2012).

Os leitões são particularmente vulneráveis aos efeitos tóxicos, devido à imaturidade de seus sistemas hepático e imunológico. Além disso, os subprodutos das aflatoxinas podem ser transferidos das porcas em lactação para os leitões por meio do leite, potencializando os impactos no crescimento e podendo levar à enterocolite, diarreia, imunossupressão e taxas de mortalidade de até 20% entre os neonatos em situações graves (Pierron; Alassane-Kpembé; Oswald, 2016).

Diante desse cenário, evidencia-se a necessidade do monitoramento contínuo da qualidade dos ingredientes utilizados na formulação das rações, assim como o fortalecimento das boas práticas agrícolas, de armazenamento, processamento industrial e controle laboratorial, com o objetivo de reduzir a presença e a persistência das aflatoxinas ao longo de toda a cadeia produtiva (Perrone; Gallo, 2017).

Fumonisin

As fumonisin representam um conjunto de micotoxinas que são geradas predominantemente por fungos pertencentes ao gênero *Fusarium*, especialmente *Fusarium verticillioides* e *Fusarium proliferatum*, os quais são frequentemente responsáveis pela contaminação do milho e de seus subprodutos usados na alimentação de animais (Rodrigues; Naehrer, 2012).

Dentre as diversas fumonisin, a FB1 é a forma mais prevalente, correspondendo a cerca de 70% das toxinas encontradas em grãos contaminados, além de ser a variante mais significativa em termos de toxicidade para os suínos (Leslie; Logrieco, 2014). A produção dessas toxinas é intensificada sob condições ambientais favoráveis, especialmente em temperaturas próximas a 25 °C e em ambientes com elevada umidade, fatores esses que estimulam o crescimento fúngico e a síntese dos metabólitos tóxicos (Leslie; Logrieco, 2014).

As fumonisin atuam interferindo no metabolismo dos esfingolipídios, que são fundamentais para a integridade estrutural e funcional das membranas celulares. A enzima ceramida sintetase, que converte esfinganina e esfingosina em ceramidas, é inibida pela fumonisin B1. Como resultado, há um acúmulo desses precursores e desorganização da membrana celular, o que aumenta o risco de lesões em vários tecidos (Voss; Riley, 2013). Em suínos, essas alterações metabólicas podem resultar em dispneia, cianose, edema pulmonar, anorexia, apatia, febre e, em casos mais severos, morte súbita, quadro clínico conhecido como Síndrome Pulmonar Córdio-Hepática (PPCS) (Souto; Maggio, 2015).

Evidências indicam que dietas contendo entre 10 e 20 mg/kg de FB1 já são capazes de provocar distúrbios metabólicos e comprometimento do desempenho zootécnico, enquanto concentrações superiores a 30 mg/kg estão associadas ao desenvolvimento da PPCS e a lesões hepáticas e pulmonares graves (Alexander *et al.*, 2012).

Além disso, a FB1 promove alterações hepáticas significativas, caracterizadas por degeneração celular, necrose e prejuízos à função metabólica do fígado. Em fêmeas gestantes submetidas à intoxicação aguda, podem ocorrer abortos nos dias subsequentes à recuperação clínica, evidenciando o impacto reprodutivo da toxina (Dilkin *et al.*, 2010). Acredita-se que esses efeitos estejam associados, principalmente, à capacidade das fumonisin de bloquear a produção de metabólitos derivados dos ácidos graxos, comprometendo processos celulares essenciais (Voss; Riley, 2013).

Tricotecenos

Os tricotecenos são uma vasta categoria de metabólitos tóxicos, predominantemente produzidos por fungos filamentosos do gênero *Fusarium*. Entre eles, destacam-se *Fusarium graminearum*, *Fusarium culmorum*, *Fusarium sporotrichioides* e *Fusarium poae*. Os tricotecenos que são mais relevantes para a suinocultura brasileira são os deoxinivalenol (DON) e a toxina T-2, devido à sua alta prevalência em cereais e ao significativo potencial de causar danos à saúde e à produção. A contaminação por tricotecenos pode começar no campo, durante as etapas de floração e enchimento dos grãos, quando a alta umidade, chuvas constantes e temperaturas amenas favorecem a infecção das espigas de milho e trigo pelos fungos do gênero *Fusarium*. Danos mecânicos provocados por insetos, granizo e estresse hídrico também elevam a propensão das plantas à colonização por fungos. Após a colheita, a presença de grãos com altos níveis de umidade e falhas no processo de secagem aumentam a produção de tricotecenos durante o armazenamento (Zhang *et al.*, 2022).

No ambiente industrial, processos como pré-limpeza, moagem, paletização e extrusão ajudam a diminuir um pouco a quantidade de fungos vivos nos ingredientes. No entanto, os tricotecenos são bastante resistentes ao calor, permanecendo praticamente inalterados mesmo após esses procedimentos. Por isso, grãos contaminados podem acabar sendo usados na produção de ração, o que faz com que as micotoxinas cheguem aos suínos através da alimentação. Nos suínos, o DON é conhecido por causar uma série de problemas, como redução na ingestão de alimento, vômitos, perda de peso, diarreia e enfraquecimento do sistema imunológico. Esses efeitos já podem aparecer com concentrações entre 1 e 3 mg por quilo de ração (Payros *et al.*, 2017).

Por outro lado, a toxina T-2, considerada uma das mais perigosas do grupo, pode gerar lesões na boca, necrose nas mucosas, hemorragias no trato gastrointestinal, uma forte imunossupressão e uma queda significativa no desempenho dos animais, mesmo em doses relativamente baixas, entre 0,5 e 1 mg por quilo de ração. Isso mostra o alto potencial tóxico dessa substância (Pan *et al.*, 2022).

O mecanismo de ação dos tricotecenos está intimamente associado à sua habilidade de inibir a síntese proteica. Essas toxinas altamente citotóxicas ligam-se à subunidade 60S dos ribossomos, interferindo na atividade da enzima peptidil-transferase e impedindo a formação da cadeia polipeptídica. A interrupção desse processo desencadeia a chamada resposta ao estresse ribotóxico, que se manifesta pela ativação de vias inflamatórias, aumento da produção de citocinas pró-inflamatórias, indução de estresse oxidativo e, em muitos casos, estímulo a mecanismos de apoptose. Como resultado, há um impacto significativo sobre tecidos de alta renovação, como o epitélio intestinal e o sistema hematopoiético (Zhang *et al.*, 2022).

Como consequência desses mecanismos celulares, os animais intoxicados podem apresentar anorexia, diarreia, retardamento no crescimento, lesões orais, imunossupressão e maior vulnerabilidade a infecções secundárias. Estudos indicam que mesmo concentrações baixas de DON (1–3 mg/kg) e T-2 (0,5–1 mg/kg) são suficientes para causar alterações celulares e sistêmicas expressivas, destacando a elevada sensibilidade dos suínos a esses compostos (Gaballah *et al.*, 2023).

Os efeitos nocivos do DON em animais resultam de mecanismos multifatoriais, como toxicidade aguda, comprometimento do crescimento, danos à barreira intestinal, imunossupressão e hepatotoxicidade. Pesquisas recentes ressaltam a preocupação com a possível reativação *in vivo* de metabólitos do DON, considerando que a toxina pode ser degradada pela microbiota intestinal, liberando sua forma original e potencializando a toxicidade sistêmica. Além disso, as interações

do DON com o sistema imunológico, que variam desde a supressão até estados de hiperatividade inflamatória, bem como sua relação com alterações na microbiota intestinal, ainda não foram totalmente compreendidas, o que dificulta o desenvolvimento de estratégias específicas para sua mitigação (Deroo *et al.*, 2022).

Zearalenona

A zearalenona (ZEA) é uma micotoxina conhecida por sua potente atividade estrogênica, produzida por várias espécies do gênero *Fusarium*, como *F. graminearum*, *F. culmorum*, *F. equiseti*, *F. verticillioides* e *F. cerealis*. Esses fungos frequentemente contaminam grãos amplamente utilizados na nutrição animal, como milho, sorgo, trigo e arroz, representando uma importante fonte de exposição para suínos, especialmente fêmeas jovens, que possuem maior sensibilidade do sistema reprodutivo a compostos com ação estrogênica (Ropejko; Twarużek, 2021).

As espécies de *Fusarium* prosperam especialmente em períodos de elevada umidade, com chuvas constantes durante a floração e temperaturas moderadas fatores que favorecem a colonização das espigas. Após a colheita, a produção de micotoxinas pode persistir se os grãos apresentarem um alto teor de umidade ou forem armazenados em locais com ventilação inadequada. Assim, mesmo que a infecção fúngica ativa seja minimizada, a toxina pode já ter sido gerada e continuar presente no grão. Na etapa industrial, os ingredientes são submetidos a processos como pré-limpeza, moagem, secagem artificial, peletização e extrusão. Apesar de essas etapas reduzirem a presença de fungos viáveis, a ZEA apresenta termoestabilidade, o que a torna resistente à maioria dos tratamentos térmicos utilizados (Ropejko; Twarużek, 2021).

Dessa forma, ingredientes contaminados acabam sendo incluídos nas rações, configurando a principal via de exposição dos suínos. Após ser ingerida, a ZEA é rapidamente absorvida pelo trato gastrointestinal e metabolizada tanto no fígado quanto nos tecidos reprodutivos, originando derivados como o α -zearalenol e o β -zearalenol, com destaque para o primeiro, que possui uma potência ainda maior que a da molécula original (Alexander *et al.*, 2012).

Esses metabólitos: ligam-se aos receptores de estrogênio (ER- α e ER- β) imitam a ação do hormônio natural estradiol, alteram vias de sinalização que regulam crescimento celular, maturação folicular, espermatogênese e esteroidogênese (Kowalska; Habrowska-Górczyńska; Piastowska-Cieślińska, 2016). O forte efeito estrogênico estimula a proliferação dos tecidos uterinos, interfere na dinâmica folicular, induz pseudocios e diminui a taxa de concepção. Em gestantes, a toxina está relacionada à reabsorção embrionária e falhas no processo de implantação (Reddy *et al.*, 2018).

Ocratoxina A

As condições ambientais que promovem tanto o crescimento de fungos quanto a produção de ocratoxina A (OTA) variam entre as espécies envolvidas. Os fungos ocratoxigênicos principais, *Aspergillus* e *Penicillium*, apresentam características diferentes: enquanto o desenvolvimento dos fungos ocorre preferencialmente em temperaturas mais elevadas, geralmente entre 30 e 35°C, a produção máxima de OTA tende a ocorrer em faixas de temperatura mais baixas, situando-se entre 15 e 25 °C (Miri *et al.*, 2024).

Essa diferença é relevante porque mostra que a toxina pode se formar mesmo quando o fungo se desenvolve minimamente, especialmente em ambientes úmidos e com atividade de água elevada, a contaminação por OTA pode começar ainda nas etapas finais de maturação dos grãos, especialmente nas seguintes condições: períodos prolongados de alta umidade, secagem natural

realizada de forma lenta, danos causados por insetos, presença de microrganismos concorrentes, oscilações bruscas de temperatura. Após a colheita, a produção da toxina pode continuar caso os grãos sejam armazenados com níveis de umidade superiores ao recomendado ou em silos com ventilação inadequada. A fase de secagem, que geralmente dura entre 7 e 14 dias, é particularmente sensível, pois as variações climáticas características desse processo favorecem tanto a sobrevivência dos fungos quanto a produção de OTA (Miri *et al.*, 2024).

Mesmo com a incorporação dos ingredientes na indústria, a OTA mantém sua estabilidade. Etapas como pré-limpeza, moagem, paletização, extrusão e armazenamento pós-processamento conseguem diminuir a carga fúngica ativa, mas não degradam a OTA, devido à sua alta resistência ao calor e às condições físico-químicas dos processos industriais. Por esse motivo, a toxina pode persistir até a etapa final na formulação da ração, representando uma fonte direta de exposição para os suínos. Após ser ingerida, a OTA é rapidamente absorvida no trato gastrointestinal e distribuída pelo corpo. Sua eliminação ocorre de forma lenta devido a diversos fatores, como: alta afinidade pela albumina plasmática, recirculação entero-hepática, reabsorção parcial nos túbulos renais proximais, acúmulo preferencial em órgãos como rins e fígado. Essas características em conjunto justificam o caráter cumulativo da toxina (Kószegi *et al.*, 2016).

A ingestão de OTA está relacionada a diversos problemas de saúde, como nefropatias crônicas, lesões hepáticas, atraso no crescimento, piora na conversão alimentar, redução da imunidade e baixa produtividade nos plantéis. Suínos jovens demonstram uma maior sensibilidade a essa toxina, ressaltando a importância de um monitoramento constante dos ingredientes utilizados na formulação de rações. Além disso, a OTA costuma estar presente em conjunto com outras micotoxinas importantes, como aflatoxinas, DON e zearalenona, o que intensifica os prejuízos devido ao efeito sinérgico entre elas (Kószegi *et al.*, 2016).

Diagnóstico e Monitoramento

Normalmente, o diagnóstico inicial de micotoxicoses em suínos é baseado na observação clínica dos suínos ou até mesmo do lote, a sua análise depende das condições de armazenamento, conservação e administração dos alimentos usados no processo produtivo. A chegada de um novo carregamento de ração, especialmente quando vem acompanhada de mudanças notórias no cheiro, cor ou textura, costuma ser um dos primeiros sinais de uma possível contaminação por micotoxinas, demandando uma investigação imediata para confirmação em laboratório (Gruber-Dorninger, Jenkins, Schatzmayr, 2019).

Para que se obtenha a confirmação final, é essencial identificar as micotoxinas nos alimentos utilizando técnicas laboratoriais que sejam sensíveis e específicas, como testes ELISA, Cromatografia em Camada Fina (TLC) e Cromatografia Líquida de Alta Performance (HPLC), as quais são muito utilizadas devido à sua exatidão e habilidade de quantidade (Anfossi *et al.*, 2013).

Além desses, o monitoramento moderno tem incorporado tecnologias avançadas, como a Cromatografia Líquida acoplada à Espectrometria de Massas (LC-MS/MS), que permite a quantificação simultânea de múltiplas micotoxinas em baixas concentrações, oferecendo maior precisão e reduzindo o risco de falsos negativos. Esses métodos de vigilância analítica são fundamentais para a gestão dos riscos sanitários na suinocultura e para a tomada de decisões preventivas (Agriopoulou; Stamatelopoulou; Varzakas, 2020).

Dessa forma os testes rápidos, criados a partir de ensaios imuno enzimáticos (ELISA),

destacam-se pela simplicidade de aplicação e alta sensibilidade. Esses dispositivos permitem a identificação rápida de toxinas por meio de reações imunológicas que geram respostas coloridas ou quantitativas, auxiliando no diagnóstico e na verificação da qualidade dos alimentos utilizados na criação de suínos (Bretas, 2018).

Estratégias de Prevenção e Controle

A estratégia de prevenção de micotoxinas na criação de suínos necessitam de um conjunto de estratégias unificadas que abrangem desde a colheita até o armazenamento e a distribuição da ração. As principais ações incluem a utilização de grãos de qualidade superior, a correção das práticas de secagem, a manutenção da umidade abaixo de 14%, a vigilância constante da temperatura e da ventilação dos silos, além da limpeza regular dos equipamentos para minimizar os riscos de contaminação (Bretas, 2018).

Outro passo importante é a aplicação de adsorventes e desativadores de micotoxinas, que têm a função de diminuir a disponibilidade desses agentes no sistema digestivo, com foco nas micotoxinas: Aflatoxinas, Fumonisinias, Zearalenona, DON, T-2, Ocratoxina. As soluções modernas, como inibidores enzimáticos, biotransformações baseadas em microrganismo e sistemas de monitoramento com kits de micotoxinas, uso racional de adsorventes como forma de controle (Fumagalli *et al.*, 2021).

O manuseio dos adsorventes constitui uma das estratégias mais eficazes para combater o efeito das micotoxinas em suínos. Tais compostos atuam como sequestradores ou aglutinantes, unindo-se às toxinas no sistema digestivo e impedindo sua absorção pelos organismos. Geralmente vistos como materiais inócuos e desprovidos de valor nutritivo direto, esses compostos funcionam através da ligação física ou química às micotoxinas, o que facilita sua eliminação através das fezes ou urina, e reduz os impactos prejudiciais na mucosa intestinal e na produtividade dos suínos (Moireira *et al.*, 2018).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reconhece-se a relevância científica e produtiva do estudo das micotoxinas na suinocultura, especialmente diante dos desafios que esses contaminantes impõem à saúde animal e ao desempenho zootécnico. A investigação desenvolvida permitiu compreender, de maneira mais aprofundada, os mecanismos de toxicidade envolvidos, os impactos fisiológicos e metabólicos decorrentes da exposição, bem como a complexidade dos fatores que influenciam a ocorrência dessas substâncias ao longo da cadeia produtiva.

Desta forma, no decorrer do estudo, tornou-se evidente que a prevenção e o controle das micotoxinas exigem uma abordagem integrada, que envolve desde o manejo adequado dos grãos e das condições de armazenamento até o uso criterioso de adsorventes e ferramentas diagnósticas sensíveis. Assim, se faz necessário, realizar a adoção de práticas baseadas em evidências científicas para minimizar os riscos de contaminação e mitigar danos subclínicos que, embora muitas vezes imperceptíveis no cotidiano das granjas, podem futuramente comprometer significativamente a eficiência produtiva e o bem-estar dos animais. Além disso, destacam-se a necessidade de estudos que avaliem os efeitos de exposições crônicas a baixas doses de micotoxinas nos suínos de todas as

fases (reprodução, gestação, maternidade, creche, terminação), considerando que essas condições refletem de forma mais realista a rotina das produções em si.

REFERÊNCIAS

AGRIOPOULOU, S.; STAMATELOPOULOU, E.; VARZAKAS, T. Advances in Analysis and Detection of Major Mycotoxins in Foods. **Foods**, v. 9, n 4, p. 518, 2020.

ANFOSSI, L.; BAGGIANI, C.; GIOVANNOLI, C.; D'ARCO, G.; GIRAUDI, G. Ensaíos imunoenzimáticos de fluxo lateral para micotoxinas e ficotoxinas: uma revisão. **Química analítica e bioanalítica** v. 405, n. 2, p. 467-480, 2013.

BRETAS, A. A. Inclusão de adsorventes de micotoxinas para leitões. **Revista CES Medicina Veterinario y Zootecnia**, v. 13, n. 1, p. 80–95, 2018.

DEROO, W.; DE TROYER, L.; DUMOULIN, F.; DE SAEGER, S.; DE BOEVRE, M.; VANDENABEELE, S.; DE GELDER, L.; AUDENAERT, K. Um novo método de enriquecimento in planta empregando pontas de trigo infectadas com *Fusarium graminearum* para selecionar bactérias de biocontrole competitivas. **Toxinas**, v. 14, n. 3, p. 222, 2022.

DIAS, C. P.; DA SILVA, C. A.; MANTECA, X. The brazilian pig industry can adopt european welfare standards: a critical analysis. **Ciência Rural**, v. 45, n. 6, p. 1079–1086, 2015.

ESKOLA, M.; KOS, G.; ELLIOTT, C. T.; HAJŠLOVÁ, J.; MAYAR, S.; KRŠKA, R. Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited 'FAO estimate' of 25%. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 60, n. 16, p. 2773-2789, 2020

ALEXANDER, J.; BENFORD, D.; BOOBIS, A.; ESKOLA, M.; FINK-GREMMELS, J.; FÜRST, P.; HEPPNER, C.; SCHLATTER, J.; LEEUWEN, R. Risk assessment of contaminants in food and feed. **EFSA Journal**, v. 10, n. 7, p. 27-98, 2012.

FERRIGO, D.; RAIOLA, A.; CAUSIN, R. *Fusarium* Toxins in Cereals: Occurrence, Legislation, Factors Promoting the Appearance and Their Management. **Molecules**, v. 21, n. 5, p. 627, 2016.

FUMAGALLI, F.; OTTOBONI, M.; PINOTTI, L.; CHELI, F. Integrated Mycotoxin Management System in the Feed Supply Chain: Innovative Approaches. **Toxins**, v. 13, n. 8, p. 572, 2021.

GAB-ALLAH, M. A.; CHOI, K.; KIM, B. Type B Trichothecenes in Cereal Grains and Their Products: Recent Advances on Occurrence, Toxicology, Analysis and Post-Harvest Decontamination Strategies. **Toxins**, v. 15, n. 2, p. 85, 2023.

GRUBER-DORNINGER, C.; JENKINS, T.; SCHATZMAYR, G. Global Mycotoxin Occurrence in Feed: A Ten-Year Survey. **Toxins**, v. 11, n. 7, p. 375, 2019.

KŐSZEGI, T.; POÓR, M. Ochratoxin A: Molecular Interactions, Mechanisms of Toxicity and Prevention at the Molecular Level. **Toxins**, v. 8, n. 4, p. 111, 2016.

- KOWALSKA, K.; HABROWSKA-GÓRCZYŃSKA, D. E.; PIASTOWSKA-CIESIELSKA, A. W. Zearalenone as an endocrine disruptor in humans. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 48, p. 141–149, 2016.
- LAHOUAR, A.; MARIN, S.; CRESPO-SEMPERE, A.; SAÏD, S.; SANCHIS, V. Efeitos da temperatura, atividade da água e tempo de incubação no crescimento fúngico e na produção de aflatoxina B1 por isolados toxigenéticos de *Aspergillus flavus* em sementes de sorgo. **Rev Argent Microbiol** v. 48, n. 1, p. 78-85, 2016.
- LESLIE, J. F.; LOGRIECO, A. Mycotoxins in the Sorghum Grain Chain. **John Wiley & Sons**, p. 282- 291, 2014.
- LI, T.; GONG, L.; WANG, Y.; CHEN, F.; GUPTA, V. K.; JIAN, Q.; JIANG, Y. Proteomics analysis of *Fusarium proliferatum* under various initial pH during fumonisin production. **Journal of Proteomics**, v. 164, p. 59-72, 2017.
- MOREIRA, A. C.; FERREIRA, S. V.; CARDOSO, R. E.; SILVA, H.; RIBEIRO, F. Micotoxinas em alimentos para não ruminantes e o uso de adsorventes. **Revista Eletrônica** v. 15, n. 2, p. 812-8131, 2018.
- PAN, Y.; LIU, C.; YANG, J.; TANG, Y. Conversão de zearalenona em β -zearalenol e zearalenona-14, 16-diglicosídeo por *Candida parapsilosis* **Food Control**, v. 131, p. 108-429, 2022.
- PAYROS, D.; DOBRINDT, U.; MARTIN, P.; SECHER, T.; BRACARENSE, A. P. F.; BOURY, M.; OSWALD, I. P. The food contaminant deoxynivalenol exacerbates the genotoxicity of gut microbiota. **MBio**, v. 8, n. 2, p. 10, 2017.
- ROUDSARI, L. P.; PIRHADI, M.; SHAHBAZI, R.; GHAREHGESHLAGHI, H. E.; SEPAHI, M.; ALIZADEH, A. M.; TAJDAR-ORANJ, B.; JAZAERI, S. Mycotoxins: Impact on Health and Strategies for Prevention and Detoxification in the Food Chain. **Food reviews international** v. 38, n.2, p. 193-224, 2021.
- PESSOA, R. M. DOS S.; PESSOA, A. M. DOS S.; COSTA, D. C. C. C.; AZEVÊDO, P. C. DA S.; GOIS, G. C.; CAMPOS, F. S.; VICENTE, S. L. A.; FERREIRA, J. M. DE S.; ARAÚJO, C. DE A.; LIMA, D. O. Palma forrageira: Adubação orgânica e mineral. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 13, 2022.
- PERRONE, G.; GALLO, A. *Aspergillus* Species and Their Associated Mycotoxins. **Methods Mol Biol**. p.33-49, 2017.
- PIERRON, A.; ALASSANE-KPEMBI, I.; OSWALD, I. P. Impact of two mycotoxins deoxynivalenol and fumonisin on pig intestinal health. **Porcine Health Manag.** v. 2, n. 2, p. 63-68, 2016.
- REDDY, K. E.; SONG, J.; LEE, H. J.; KIM, M.; KIM, D. W.; JUNG, H. J.; LEE, S. D. Efeitos de altos níveis de deoxinivalenol e zearalenona no desempenho de crescimento e parâmetros hematológicos e imunológicos em suínos. **Toxinas** v. 10, n. 3, p. 114, 2018.
- RODRIGUES, I.; NAEHRER, K. A three-year survey on the worldwide occurrence of mycotoxins in feedstuffs and feed. **Toxins** v. 4, n. 9, p. 663-675, 2012.

ROPEJKO, K.; TWARUŻEK, M. Zearalenona e seus metabólitos — Visão geral, ocorrência e toxicidade. **Toxinas**, v. 13, n. 1, p. 35, 2021.

TREVISI, P.; LUISE, D.; SPINELLI, E.; CORREA, F.; DE LEO, E.; TRAMBAJOLO, G.; DIEGOLI, G.; BOSI, P. Transfer of Mycotoxins from Lactation Feed to Colostrum of Sows. **Animals**, v. 10, n. 12, p. 2253, 2020.

VILA-DONAT, P.; MARÍN, S.; SANCHIS, V.; RAMOS, A. J. A review of the mycotoxin adsorbing agents, with an emphasis on their multi-binding capacity, for animal feed decontamination. **Food and chemical toxicology**, v. 114, p. 246-259, 2018.

VOSS, K. A.; RILEY, R. T. Fumonisin toxicity and mechanism of action: overview and current perspectives. **Food Safety**, v. 1, n. 1, p. 2013-06, 2013.

ZHANG, Z.; SONG, Y.; MA, L.; HUANG, K.; LIANG, Z. Co-Occurrence of *Staphylococcus aureus* and Ochratoxin a in pasteurized milk. **Toxins**. v. 14, n. 10, p. 718, 2022.

Capítulo 8

INDUÇÃO DE PUBERDADE EM NOVILHAS DE CORTE

Puberty induction in beef heifers

Demilson Serafim Vilela

Egresso do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Priscila Chediek Dall'Acqua

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: O Brasil é considerado o país com maior rebanho bovino do mundo, composto por aproximadamente 238 milhões de animais, além de ter a maior área agricultável. Isso faz do país um forte competidor no mercado de exportação de carne, pois praticamente 80% do rebanho pode ser considerado animais de corte. Além disso, tem a vantagem de esses animais serem criados a pasto, reduzindo o custo do animal, quando comparado com outros países que possuem suas dietas baseadas em grãos e um sistema de produção mais intensivo. Estudos indicam que esses números vão continuar crescendo, no entanto será acompanhado pela diminuição da área de pastejo. Dessa forma, é importante que os produtores busquem cada vez mais melhorar a eficiência produtiva e reprodutiva de seu rebanho. Nesse contexto, as biotecnologias reprodutivas, quando corretamente aplicadas, tem sido importante ferramenta na melhoria da eficiência reprodutiva dos rebanhos. A indução da antecipação da idade à puberdade, por exemplo, aumenta a eficiência por proporcionar a obtenção de maior quantidade de bezerras durante a vida reprodutiva da matriz e a quantidade de bezerras produzidos ao ano nos rebanhos, o que é interessante principalmente para fazendas de cria, nas quais os animais tardios acabam afetando negativamente a produtividade. Sendo assim, devido a relevância desse assunto, o objetivo do presente trabalho é apresentar uma breve revisão de literatura sobre a indução da puberdade em novilhas, evidenciando as vantagens da biotécnica. Para tanto, foram consultadas as bases de dados do Google Acadêmico (www.scholar.google.com.br) e SciELO (www.scielo.org). Dados vêm mostrando cada vez mais a eficácia da indução de novilhas, proporcionando maior produtividade desses animais dentro do rebanho e concentrando maior quantidade de novilhas púberes no início da estação de monta. O uso de protocolos de indução da puberdade em novilhas induz a ciclicidade, uma vez que a progesterona reduz o número de receptores de estradiol no hipotálamo, amenizando assim a retroalimentação negativa sobre a liberação de GnRH, possibilitado o aumento na liberação de LH, durante e após o período do tratamento nos animais. Estudos indicam que animais expostos a implantes progesterona de quarto uso por 12 dias obtiveram desenvolvimento folicular e uterino de grande significância, possibilitando melhores resultados nas taxas de concepção em comparação com novilhas não expostas a progesterona. Assim, conclui-se que a utilização de hormônios exógenos para a antecipação da idade a puberdade é uma estratégia para melhorar a eficiência reprodutiva do rebanho.

Palavras-chave: Eficiência Reprodutiva. Maturidade Sexual. Precocidade.

Abstract: Brazil is considered the country with the largest cattle herd in the world, consisting of approximately 238 million animals, besides having the largest arable area. This makes the country a strong competitor in the meat export market, since practically 80% of the herd can be considered as beef animals. Moreover, it has the advantage that these animals are raised on pasture, reducing the cost of the animal, when compared to other countries that have their diets based on grains and a more intensive production system. Studies indicate that these numbers will continue to grow, but will be accompanied by a decrease in the grazing area. Thus, it is important that producers increasingly seek to improve the productive and reproductive efficiency of their herds. In this context, reproductive biotechnology, when correctly applied, has been an important tool to improve the reproductive efficiency of herds. The induction of an earlier age at puberty, for example, increases efficiency by providing a greater number of calves during the reproductive life of the females and the number of calves produced per year in the herds, which is interesting mainly for breeding farms, in which late calves end up affecting negatively. Thus, due to the relevance of this issue, the objective of this study is to present a brief literature review on the induction of puberty in heifers, highlighting the advantages of biotechnology. For this, the Google Academic (www.scholar.google.com.br) and SciELO (www.scielo.org) databases were consulted. Data are increasingly showing the effectiveness of induction of heifers, providing greater productivity of these animals within the herd and concentrating a greater amount of pubertal heifers at the beginning of the breeding season. The

use of puberty induction protocols in heifers induces cyclicity, since the progesterone reduces the number of estradiol receptors in the hypothalamus, thus mitigating the negative feedback on the release of GnRH, enabling an increase in LH release, during and after the treatment period in the animals. Studies indicate that animals exposed to fourth use progesterone implants for 12 days obtained follicular and uterine development of great significance, enabling better results in conception rates compared to heifers not exposed to progesterone. Thus, it is concluded that the use of exogenous hormones for the anticipation of age at puberty is a strategy to improve the reproductive efficiency of the herd. **Key words:** Precocity. Reproductive Efficiency. Sexual Maturity.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de carne bovina do mundo, porém com baixa eficiência reprodutiva, se comparado a outros países, a exemplo dos Estados Unidos. Enquanto no Brasil possui um rebanho de 238 milhões de animais, produzindo 10,2 milhões de toneladas de carne, os Estados Unidos, possuem 95 milhões de animais e uma produção de 12,4 milhões de toneladas, evidenciando a falta de eficiência na produção de carne brasileira em relação a quantidade de animais no rebanho nacional (USDA, 2019).

No Brasil, a maior parte dos animais são criados a pasto de forma extensiva e, esse tipo de criação deixa a desejar no que tange a eficiência reprodutiva, pois a alta prevalência de pastagem degradada leva a uma deficiência nutricional, a qual afeta diretamente na fisiologia da reprodução, pois animais expostos a restrição alimentar possuem seu desenvolvimento folicular comprometido, podendo levar o animal a situações anovulatórias, impactando diretamente na eficiência reprodutiva do rebanho (Rhodes *et al.*, 1996).

Além disso, 90% dos criadores de gado não possuem uma estação de monta definida, e uma das principais consequências da não utilização da estação de monta é que os animais vão entrar na sua vida reprodutiva tardiamente (ANUALPEC, 2008). Portanto, torna-se fundamental o estabelecimento de uma estação de monta dentro de uma propriedade que busca eficiência, pois é evidente que o controle do manejo reprodutivo é essencial para o desempenho da produção do rebanho, este alcançado a partir da utilização de estação de monta (Abreu *et al.*, 2003).

O emprego de uma estação de monta faz com que sejam programadas as partições para as melhores épocas e climas do ano, uma vez que animais que nascem no final da seca e início das águas possuem melhor desenvolvimento e maior peso à desmama, o que está diretamente relacionado a precocidade sexual (Bocchi, 2004).

No Brasil, a idade média de concepção das novilhas é de 24 a 25 meses, com seu primeiro parto em torno dos 34 meses, a qual é considerada tardia (Pereira *et al.*, 2002). Já a antecipação desse processo está relacionada a maior lucratividade e eficiência do sistema de produção de carne bovina, pois o animal inicia a sua vida reprodutiva entre 14 e 15 meses, gerando um retorno financeiro mais rápido (Martin *et al.*, 1992).

Considerando que o início da puberdade em fêmeas está relacionado a mecanismos de regulação do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (Nogueira *et al.*, 2006), na busca por antecipar a puberdade, foram desenvolvidos protocolos hormonais visando induzir a puberdade em novilhas, o que de forma significativa aumenta os índices reprodutivos do rebanho, pois o animal parindo mais cedo, aumenta sua vida reprodutiva (Bó *et al.*, 2018).

A maioria desses protocolos tem como principais hormônios os progestágenos, com isso, a novilha é exposta a concentrações subluteais de progesterona, causando uma dessensibilização do hipotálamo ao estradiol, fazendo com que este consiga induzir o aumento na liberação de gona-

dotrofinas, especialmente a frequência do LH, estimulando o desenvolvimento folicular e uterino (Anderson *et al.*, 1996; Claro Junior, 2009).

No entanto, existem questões a serem consideradas em relação ao uso de um animal jovem, entre elas estão preço do custo de produção, em questão do maior investimento em estratégias voltadas a nutrição na categoria, para que o animal entre com condições tanto corporal quanto nutricional em sua vida reprodutiva, além disso, a menor taxa de animais que retornam a reprodução após o primeiro parto, pois estes requerem um manejo nutricional específico, o que muitas vezes o produtor não fornece, prejudicando a vida reprodutiva do animal a segunda concepção (Short *et al.* 1994).

Desta forma, o presente trabalho tem o objetivo de descrever resultados de pesquisas que buscaram a antecipação da puberdade em novilhas bovinas, visando uma maior eficiência reprodutiva, abordando as etapas e manejos realizados com o rebanho, bem como as técnicas utilizadas e, demonstrar as possibilidades de aplicação nos sistemas comerciais de produção animal. Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura nas bases de dados do Google Acadêmico e Scielo, utilizando as seguintes estratégias de busca: indução de puberdade, hormônio terapia para indução de puberdade, utilização de progesterona para dessensibilização do hipotálamo ao estrógeno. Foram selecionados artigos relacionados ao tema da pesquisa, preferencialmente do tipo pesquisa experimental, publicados no período de 1987 a 2019, nos idiomas português e inglês.

REVISÃO DE LITERATURA

Puberdade

A puberdade tem início quando a fêmea apresenta uma primeira ovulação, seguida da formação de um corpo lúteo funcional, acompanhada de características comportamentais de estro (Araújo *et al.*, 2019).

O início da puberdade está relacionado com a maturação do eixo hipotalâmico-hipofisário-ovariano, o qual já está funcionalmente competente bem cedo na vida da fêmea, porém como há uma grande quantidade de receptores de estrógeno no hipotálamo, o estradiol liberado pelos folículos em desenvolvimento causa um efeito de retroalimentação negativa, levando a supressão da liberação do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) durante a fase pré-púbere e, consequentemente de LH impedindo que ocorra a primeira ovulação (Day *et al.*, 1998).

Quando o animal se aproxima da puberdade a sensibilidade do hipotálamo a retroalimentação negativa dos estrógenos diminui, consequentemente, os picos de LH ganham maior frequência, resultando em maior desenvolvimento dos folículos antrais e maior produção de estradiol, até que este seja capaz de estimular a liberação de LH e consequentemente a primeira ovulação (Nakada *et al.*, 2000).

No entanto, mesmo que o animal esteja com suas capacidades endócrinas e reprodutivas competentes e o mesmo esteja apto a emprenhar, a recente maturação do eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal, faz com que os primeiros ciclos sejam de curta duração, devido a luteólise precoce, além da possibilidade de ocorrerem estros silenciosos (Mann *et al.*, 2001).

Nutrição

O peso do animal é um fator importante para o início da vida reprodutiva de uma novilha, os animais *Bos taurus* tem como base o peso inicial para entrar em sua vida reprodutiva 250 a 300 kg, representando aproximadamente 55% do seu peso adulto e os animais *Bos indicus* aproximadamente 300 a 330 kg, o que representa aproximadamente 65% do seu peso adulto (Lemes, 2017).

Assim, observa-se que a nutrição é um fator que impacta no início da puberdade, sendo considerada um dos grandes entraves para se obter resultados satisfatórios na reprodução. Por isso, o manejo nutricional deve ser adequado para a fase em que o animal se encontra. Novilhas submetidas a um manejo nutricional de qualidade obtiveram peso para entrar na estação de monta mais cedo e com maior capacidade para emprenharem (Yelich *et al.*, 1996).

No Brasil, a recria do rebanho bovino é basicamente a pasto, por isso, os animais ficam submetidos às condições climáticas da região, as quais estão diretamente relacionadas com a disponibilidade de forragem. Com isso, os animais possuem alimento disponível para se desenvolverem e ganharem peso em um determinado período e, em outro período há escassez de alimentos, fazendo com que ocorra um crescimento de forma lenta ou perda peso. Essa questão está diretamente relacionada à puberdade e idade ao primeiro parto (Claro Junior *et al.*, 2009).

Estudos com animais que sofreram restrição alimentar relataram um retardo no início da puberdade, pois há inibição da pulsatilidade de LH pela hipófise anterior em consequência da diminuição da liberação de leptina e aumento da liberação de neuropeptídeo Y, os quais reduzem a liberação de GnRH, afetando o desenvolvimento folicular e a ovulação (Yelich *et al.*, 1996; Gamba *et al.*, 2006).

Visando elucidar como a nutrição influencia o início da vida reprodutiva de uma novilha, inúmeros experimentos foram realizados, demonstrando que diversos mecanismos envolvidos com alterações metabólicas relacionadas a fatores nutricionais regulam o início da puberdade através da liberação pulsátil de LH, destes pode-se citar a influência da gordura corporal, do fator de crescimento semelhante a insulina tipo 1 (IGF-1), da insulina, da glicose, da leptina, e do neuropeptídeo Y (Sousa *et al.*, 2018).

O IGF-1 tem sua produção no fígado e nas células da granulosa, sua produção está diretamente relacionada as concentrações intrafoliculares de estradiol, além disso, está relacionado ao aumento na liberação de GnRH, já que seus receptores influenciam a atividade dos neurônios hipotalâmicos e, conseqüentemente, na esteroidogênese dos folículos. Desta forma, com a maior liberação de GnRH conseqüentemente leva a maior liberação de LH levando a ovulação (Lemes, 2017).

A glicose e a leptina agem nas gônadas e auxiliam na secreção de hormônios esteroides, além de auxiliar na sinalização do estado nutricional diretamente no eixo hipotalâmico-hipofisário-gonodal (Sousa *et al.*, 2018).

A leptina produzida pelos adipócitos, é um hormônio protéico, relacionada a ingestão de alimentos e a regulação do balanço energético. Tem como função sinalizar a saciedade ao hipotálamo, informando o mesmo sobre o estado nutricional do animal (Gamba *et al.*, 2006).

A leptina atua também suprimindo os receptores do neuropeptídeo Y, o qual está diretamente relacionado a secreção de GnRH e conseqüentemente de gonadotrofinas (Sousa *et al.*, 2018). Este está presente em grande quantidade no núcleo arqueado do hipotálamo em condições de desnutrição, isso permite com que ele atue diretamente sobre os neurônios produtores de GnRH,

influenciando no balanço energético negativo, na liberação de GnRH e no comportamento sexual (Gamba *et al.*, 2006).

Quando um animal sofre restrição alimentar e a produção de leptina cai há um aumento na produção de neuropeptídio Y, em decorrência disto a liberação de GnRH pelo hipotálamo é suprimida (Gamba *et al.*, 2006).

Assim, com intuito de diminuir a idade ao primeiro parto, é de suma importância introduzir técnicas adequadas de manejo nutricional durante as fases iniciais, cria e recria (Cardoso; Nogueira, 2007).

Genética

Além da nutrição, outro fator que deve ser levado em consideração é a genética, pois existem diferenças fisiológicas e no comportamento reprodutivo entre *Bos taurus* e *Bos indicus*, dentre elas a idade em que o animal entra na puberdade (Claro Junior *et al.*, 2009).

Pesquisas evidenciam que animais de raças de maior porte quando adultas são mais tardios a idade a primeira ovulação, quando comparados a animais de raças de menor porte (Martin *et al.*, 1992; Bagley, 1993)

Fêmeas taurinas geralmente entram na puberdade entre 10 a 15 meses, com peso corporal de aproximadamente 270 kg, dessa forma, o animal tem seu primeiro parto estimado para 24 meses de idade. Já as fêmeas zebuínas apresentam idade a puberdade mais tardia e maior peso corporal, variando entre 16 a 26 meses e peso corpóreo de 300 kg, com isso, o primeiro parto ocorre por volta dos 44 meses de idade (Hafez; Hafez, 2004).

Na tentativa de reduzir a idade a puberdade dos animais zebuínos, o cruzamento da fêmea zebuína com o touro taurino é uma alternativa que trouxe precocidade ao rebanho, com isso, os animais cruzados passaram a apresentar sua primeira ovulação aos 15 meses, em média. Essa antecipação da puberdade pode esta atribuída a heterose entre as raças (Marson *et al.*, 2001; Restle *et al.*, 1999).

Estudos mostraram que a herdabilidade da característica para precocidade a primeira prenhez é de 32% (Meirelles, 2004), a qual vem sendo utilizada como critério de seleção em programas de melhoramento genético, nos quais essa herdabilidade vem mostrando melhores resultados, com estimativas de 57% (Eler *et al.*, 2002).

Indução da Puberdade

A indução de puberdade se baseia na antecipação da primeira ovulação, desta forma, com o auxílio de protocolos hormonais o animal pode alcançar sua primeira ovulação precocemente. Por meio da exposição de progesterona exógena, o animal sofrerá uma dessensibilização do hipotálamo para estrógeno, o qual leva a uma maior liberação de GnRH, conseqüentemente aumentando os níveis pulsáteis de LH, hormônio responsável pela maturação final do folículo e ovulação (Day *et al.*, 1998).

A resposta ao protocolo de indução torna-se evidente quando os animais que foram submetidos ao tratamento para indução da puberdade apresentam corpo lúteo (CL) funcional, ou seja, secretando hormônio suficiente para manutenção da gestação, o que resulta na obtenção de uma maior taxa de prenhez à IATF em comparação àquelas fêmeas que não recebem o protocolo hor-

monal (Funston *et al.*, 2012).

Sendo assim, o uso dos protocolos hormonais é uma estratégia para estimular a maturação do eixo hipotalâmico-hipofisário, levando a uma maior liberação de gonadotrofinas, consequentemente a puberdade mais precoce (Magi *et al.*, 2020).

Nesse sentido, com o intuito de obter cada vez melhores resultados, diversos protocolos vêm sendo desenvolvidos, os quais utilizam hormônios de forma isolada ou associada. Com o auxílio das terapias hormonais consegue-se diminuir o feedback negativo do estrógeno no hipotálamo, o qual bloqueia a liberação de GnRH, consequentemente, eleva-se a secreção de LH, hormônio responsável pela ovulação (Day; Anderson, 1998).

A progesterona liberada por um implante intravaginal associada ao estradiol promove resultados positivos na sincronização da emergência da onda folicular (Bó *et al.*, 2018; Magi *et al.*, 2020). No entanto, animais taurinos e zebuínos possuem particularidades quando se fala em doses e tempo de permanência da progesterona, já que novilhas zebuínas possuem metabolização mais lenta do que os taurinos. Com isso, o uso de doses altas doses leva a supressão da liberação pulsátil de LH, prejudicando o desenvolvimento folicular e consequentemente a ovulação, comprometendo a eficiência da terapia hormonal (Sousa *et al.*, 2018).

Experimento realizado avaliou novilhas nelore pré-púberes em três tratamentos diferentes: no qual o grupo 1 implantadas com implantes de 1º uso, o grupo 2 com implantes de 4º uso e 3º uso e o grupo controle sem implante intravaginal. Ao verificar os resultados das taxas de ovulação, concluíram que os animais do grupo 1 obtiveram 30% de ovulação, o grupo 2 obtiveram 55,6% e o grupo controle 0%. Além disso, a dosagem da concentração de progesterona sérica dos animais resultou na capacidade de ambos os dispositivos sustentar o nível de progesterona acima de 1,0 ng/mL por no mínimo 7 dias. Quando comparados ao grupo controle os animais expostos ao tratamento, independentemente do tipo de implante, obtiveram maior taxa de crescimento folicular, consequentemente, maior diâmetro de folículos ovulatórios e maior capacidade de ovulação (Sá Filho *et al.*, 2015).

Em um experimento no qual se avaliou 180 novilhas Nelore por exame ultrassonográfico, os animais foram classificados como pré-púberes de acordo com a ausência de corpo lúteo, o tônus uterino e a presença de folículos igual ou superior a 8 mm. Estes foram expostos a um protocolo hormonal, com um implante intravaginal de progesterona e 2 mg de benzoato de estradiol no dia 0 (D0), a retirada do implante foi realizada no dia oito (D8) com mais uma dose de 1 mL de benzoato de estradiol. Após tais procedimentos, 12 dias após a retirada do implante intravaginal (D20), os animais tiveram uma nova avaliação ultrassonográfica, e assim, classificados em cíclicos e acíclicos de acordo com a taxa de ovulação. O tratamento hormonal resultou em 82,2% das novilhas se tornando cíclicas e 17,78% se mantendo acíclicas (Araújo *et al.* 2019).

Magi *et al.* (2020) realizaram a avaliação 1.528 novilhas da raça Nelore com a idade de 14 a 20 meses, pesando entre 270 kg e 320 kg e escore de condição corporal variando entre 3,0 e 3,5 (escala de 1 a 5). Através da realização de exame ultrassonográfico e palpação retal os animais foram avaliados e considerados pré-púberes. Em seguida, os animais foram separados aleatoriamente em 3 grupos; os animais do grupo 1 foram expostos a 150 mg de progesterona (P4) injetável no D0 e no D24 deu início ao protocolo de IATF, os animais do grupo 2 foram expostos no D0 a um implante intravaginal de P4 (4º uso), no D12 foi aplicado 0,6 mg de cipionato de estradiol e no D24 iniciou o protocolo de IATF, o grupo 3 foi considerado o grupo controle do experimento. Após o protocolo, os animais de todos os grupos foram submetidos a inseminação artificial em tempo fixo

(IATF) e o diagnóstico gestacional realizado por meio de ultrassonografia, 40 dias após a IATF. Os resultados apresentaram uma taxa média de prenhez de 54% no grupo 1, 53,5% no grupo 2 e 45,5% no grupo 3, evidenciando que o uso de protocolos de indução da puberdade apresenta incremento na taxa de prenhez.

Claro Junior *et al.* (2008) avaliaram animais expostos a implantes intravaginais de progesterona por 12 dias, os quais obtiveram desenvolvimento folicular e uterino de grande significância, além disso, houve aumento da porcentagem de novilhas com presença de corpo lúteo (83,4% [287/344] vs. 40,6% [124/305]), possibilitando melhores resultados nas taxas de concepção (45% [108/239] vs. 35% [31/113]) após 45 dias de realização do protocolo de IATF, comparando com novilhas não expostas a progesterona na fase pré-pubere, ficando evidente a eficiência dos protocolos a base de progesterona.

Os dados aqui apresentados, por meio dessa revisão da literatura demonstram que a utilização de hormônios exógenos para a antecipação da idade a puberdade é uma estratégia para melhorar a eficiência reprodutiva do rebanho de corte, podendo acarretar maior produtividade do rebanho brasileiro, contornando o problema da puberdade tardia.

CONCLUSÃO

Pelo exposto, é evidente que a indução de puberdade em novilhas é uma biotécnica de grande eficiência para melhor o desempenho reprodutivo do rebanho bovino, pois animais submetidos a ela tendem a apresentar maior desenvolvimento folicular e melhoras significativas na taxa de prenhez, quando comparados a animais da mesma idade que não foram expostos ao protocolo hormonal, o que reflete positivamente nos índices reprodutivos de uma propriedade, além de melhorar o desempenho em âmbito nacional na produção de carne.

REFERÊNCIAS

ABREU, U. G. P.; CEZAR, M. I.; TORRES, R. A. Análise bioeconômica da introdução de período de monta em sistemas de produção de rebanhos de cria na região do Brasil. **Central Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1198-1206, 2003.

ANDERSON, L. H., McDOWELL, C. M., DAY, M. L. Progestin-induced puberty and secretion of luteinizing hormone in heifers. **Biology of Reproduction**, v. 54, n. 54, p. 1025 – 31, 1996.

ARAÚJO, A. C. C.; NONATO, M. S.; BEZERRA, A. R. A.; MURTA, D. C. R. X.; MURTA, D. V. F.; SANTOS, J. M. L.; SOUZA, R. B. Efeito indução da ovulação em novilhas com protocolo de ciclicidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24286-24290, 2019.

BAGLEY, C. P. Nutritional management of replacement beef heifers – a review. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 11, p. 3155 – 3163, 1993.

BOCCHI, A. L. TEIXEIRA, R. A. ALBUQUERQUE L. G. Idade da vaca e mês de nascimento sobre o peso ao desmame de bezerros nelore nas diferentes regiões brasileiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 4, p. 475-482, 2004.

BÓ, G. A.; HUGUENINE, E.; MATA, J. A.; NÚÑEZ-OLIVEIRA, R.; BARUSELLI, P. S.; MENCHACA, A. Programs for fixed-time artificial insemination in South American beef cattle. **Animal Reproduction**, v. 15, p. 952-962, 2018.

CARDOSO, D.; NOGUEIRA, G. P. Mecanismos neuroendócrinos envolvidos na puberdade de

novilhas. **Arquivo de Ciências Veterinárias e Zoologia**, v. 10, n. 1, p. 59-67, 2007.

CLARO JUNIOR, Izaias. Desempenho reprodutivo de novilhas Nelore pré-púberes expostas à progesterona. 2009. 62 f. Dissertação (mestrado) - **Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu**, 2009.

CLARO JUNIOR, I., PERES, R. F. G., SÁ FILHO, O. G., LOPES, C. N., ROMERO, W. S. R., VASCONCELOS, J. L. M. Tratamento com CIDR previamente utilizado por 27 dias na indução de ciclicidade e concepção em novilhas nelore pré-púberes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE EMBRIÕES, XXII, 2008, Guarujá. Anais... Guarujá: **Acta Scientiae Veterinariae**, 2008, p. 607.

DAY, M. L., ANDERSON, L. H. Current concepts on the control of puberty in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1-15, 1998.

ELER, J. P., SILVA, J. A., FERRAZ, J. B. S., DIAS, F., OLIVEIRA, H. N., EVANS, J. L., GOLDEN, B. L. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nelore heifers. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 951-954, 2002.

FUNSTON, R. N., MUSGRAVE, J. A., MEYER, T. L., & Lars distribution on beef cattle progeny performance. **Journal of Animal Science**, v. 90, n. 13, p. 5118-5121. on, D. M. 2012.

GAMBA M., PRALONG F. P. Control of GnRH neuronal activity by metabolic factors: the role of leptin and insulin. **Molecular and Cellular Endocrinology**, v. 254, p. 133-139, 2006.

HAFEZ, E.S.; HAFEZ B. **Fisiologia da reprodução**. 7a. ed. Manole: São Paulo. 513p. 2004.

LEMES, K. M. Comparação da eficiência de diferentes formulações à base de progesterona para indução da puberdade e desempenho reprodutivo em novilhas da raça Nelore. 2017. 80p. **Tese (Doutorado)** – Universidade de São Paulo, Pirassununga.

MAGI, L. H. R.; DAMIÃO, I. L.; MORAIS, M. C. F.; SILVA, R. A. B.; POLIZELLE, S. R.; FRIAS, D. R. F. Efeito de diferentes métodos de indução à puberdade sobre a resposta reprodutiva em novilhas Nelore. **Nativa – Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 8, n. 5, p. 658-662, 2020.

MANN, G. E., LAMMING, G. E. Relationship between maternal endocrine environment, early embryo development and inhibition of the luteolytic mechanism in cows. **Reproduction**, v. 121, p. 175-180, 2001.

MARSON, E. P., GUIMARÃES, J. D., SILVA, J. C. P., NETO, T. M., GUIMARÃES, S. E. F., BORGES, A. M., MARTINS, G. J. T., SANTOS, R. L. D. Concentrações plasmáticas de progesterona em novilhas compostas Montana tropical durante as fases pré-puberal e puberal. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v. 25, p. 134-136, 2001.

MARTIN, L. C., BRINKS, J. S., BOURDON, R.M. *et al.* Genetic effects on beef heifer puberty and subsequent reproduction. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 4006-4017, 1992.

NAKADA, K.; MORIYOSHI, M.; NAKAO, T.; WATANABE, G.; TAYA, K. Changes in concentrations of plasma immunoreactive follicle-stimulating hormone. luteinizing hormone. estradiol-17 β . testosterone. progesterone. and inhibin in heifers from birth to puberty. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 18, p. 57-69, 2000.

NOGUEIRA, G. P. Puberdade e maturidade sexual de novilhas *Bos indicus*. **II Simpósio Internacional de Reprodução Animal Aplicada, Londrina**. Anais... Londrina, PR: UNESP, p. 112, 2006.

PEREIRA, E., ELER, J. P., FERRAZ, J. B. S. Análise genética de algumas características reprodutivas na raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 703-708, 2002.

RESTLE, J., POLLI, V. A., DE SENNA, D. B. Efeito de grupo genético e heterose sobre a idade e peso à puberdade e sobre o desempenho reprodutivo de novilhas de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 4, v. 34, p. 701 – 707, 1999.

RHODES, F.M.; ENTWISTLE, K.W.; KINDER, J.E. Changes in ovarian function and gonadotropin secretion preceding the onset of nutritionally induced anestrus in *Bos indicus* heifers. **Biology of Reproduction**, v. 55, p. 1437-1443, 1996.

SÁ FILHO, M. F.; NASSER, L. F. T.; PENTEADO, L.; PRESTES, R.; MARQUES, M. O.; FREITAS, B. G.; MONTEIRO, B. M.; FERREIRA, R. M.; GIMENES, L. U.; BARUSELLI, P. S. Impact of progesterone and estradiol treatment before the onset of the breeding period on reproductive performance of *Bos indicus* beef heifers. **Animal Reproduction Science**, v. 160, p. 30-39, 2015.

SHORT, R. E.; STAIGMILLER, R. B.; BELLOWS, R. A.; GREER, R. C. Breeding heifers at one year of age: biological and economic considerations. **Factores affecting calf crop Boca Raton: CRC Press**, p. 55-68, 1994.

SOUSA, R. T.; GONÇALVES, J. L.; SANTOS, S. F.; FERNANDES, M. F.; RICCI, G. D. Fatores relacionados ao desenvolvimento reprodutivo em novilhas Nelore: **Revisão. Publicações em Medicina Veterinária**, v. 12, n. 5, p. 1-10, 2018.

USDA – DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA DOS ESTADOS UNIDOS. **Situação conjuntural dos últimos anos e prognóstico da pecuária de corte** – dezembro 2018, 2019.

YELICH, J. V., WETTERMANN, R. P., MARSTON, T. T., SPICER, L. J. Luteinizing hormone, growth hormone, insulin like growth factor-I, insulin and metabolites before puberty in heifers fed to gain at two rates. **Domestic Animal Endocrinology**, v. 13, n. 4, p. 325-338, 1996.

Capítulo 9

CONTROLE POPULACIONAL EM CÃES E GATOS E AS EVIDÊNCIAS SOBRE ESTERILIZAÇÃO PRECOCE: REVISÃO DE LITERATURA

Population control in dogs and cats and the evidence on early sterilization: literature review

Érica de Jesus Frades

Egressa do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Lianna Ghisi Gomes

Docente do Curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT

Priscila Chediek Dall'Acqua

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Eric Mateus Nascimento de Paula

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Andresa de Cássia Martini

Docente do Curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Mineiros – UNIFIMES

Resumo: Para o controle ou diminuição da população animal, é de fundamental importância o controle reprodutivo desses animais, principalmente por meio da esterilização cirúrgica, estando essa associada à educação sobre guarda responsável e bem-estar animal. As técnicas realizadas para a esterilização cirúrgica são: a ovariectomia (OH) em fêmeas e a orquiectomia em machos. Esta revisão propôs apresentar as evidências atuais sobre esterilização precoce em cães e gatos, bem como discutir sobre o controle populacional, particularidades sobre fisiologia e anatomia de filhotes e técnica cirúrgica para castração dessa faixa etária. Para tanto, realizou extensa pesquisa bibliográfica em artigos encontrados em base de dados científica, utilizando descritores como castração, castração em filhotes, benefícios e malefícios da castração, a fim de relatar sobre as evidências atuais, e o que os estudos apontam sobre a prática de castração. A esterilização cirúrgica é frequentemente estimulada na atualidade para o controle populacional de cães e gatos, sendo que animais castrados quando comparados aos animais inteiros apresentam maior expectativa de vida. Existem diversas literaturas que evidenciam malefícios que a castração pode causar, principalmente aos animais jovens, contudo os benefícios também são relatados com similar significância, principalmente quando citados os efeitos profiláticos e terapêuticos aos distúrbios reprodutivos ou mesmo relacionados aos comportamentos de risco apresentados pelos animais inteiros. Conclui-se nesse estudo que benefícios e malefícios da castração devem ser avaliados dentro do contexto individual e de necessidade de cada tutor e seu animal, para promoção da qualidade de vida dos cães e gatos, bem como benefícios à saúde pública.

Palavras-chave: Cães errantes. Castração. Orquiectomia.

Abstract: For the control or reduction of the animal population, the reproductive control of these animals is of fundamental importance, mainly by means of surgical sterilization, which is associated with education on responsible guarding and animal welfare. The techniques performed for surgical sterilization are: ovarian hysterectomy (OH) in females and orchietomy in males. This review proposed to present the current evidence on early sterilization in dogs and cats, as well as to discuss population control, peculiarities about physiology and anatomy of puppies and surgical technique for castration of this age group. To this end, it carried out extensive bibliographic research on articles found in a scientific database, using descriptors such as castration, castration in puppies, benefits and harms of castration, in order to report on the current evidence, and what studies indicate about the practice of castration. Surgical sterilization is often encouraged nowadays for the population control of dogs and cats, and animals that are neutered when compared to whole animals have a longer life expectancy. There are several literatures that show harm that castration can cause, especially to young animals, however the benefits are also reported with similar significance, especially when mentioning the prophylactic and therapeutic effects to reproductive disorders or even related to risk behaviors presented by whole animals. It is concluded in this study that the benefits and harms of castration must be evaluated within the individual context and the needs of each guardian and their animal, to promote the quality of life of dogs and cats,

as well as benefits to public health.

Keywords: Stray dogs, Castration, Orchiectomy.

INTRODUÇÃO

Para o controle ou diminuição da população animal, é de fundamental importância o controle reprodutivo desses animais, principalmente por meio da esterilização cirúrgica, estando essa associada à educação sobre guarda responsável, bem-estar animal e identificação dos animais. As técnicas realizadas para a esterilização cirúrgica são: a ovariectomia (OH) em fêmeas e a orquiectomia em machos. A vantagem da esterilização cirúrgica é promover a incapacidade reprodutiva instantânea pós-cirúrgica e irreversível (Lima *et al.*, 2014).

Inúmeros benefícios relativos a esterilização cirúrgica já foram descritos, entre eles, redução da reprodução descontrolada e gravidez indesejada, consequentemente ausência de distocias e hipocalcemia; efeitos comportamentais positivos, como a redução de fugas, da demarcação de território e agressividade, comportamento sexual reduzido e ausência de pseudociese, prostatite, tratamento definitivo e prevenção a piometra e efeito protetor contra neoplasias mamárias (Yates, 2019).

Haja visto que a esterilização cirúrgica é prevista na lei nº 13.426, de 30 de março de 2017, que dispõe sobre a política de controle da natalidade de cães e gatos, e que os procedimentos para esse fim são continuamente estimulados (Brasil, 2017). Esta revisão propôs apresentar as evidências atuais sobre esterilização precoce em cães e gatos, bem como discorrer sobre o controle populacional, particularidades sobre fisiologia e anatomia de filhotes e técnica cirúrgica para castração dessa faixa etária.

Para tanto, realizou extensa pesquisa bibliográfica em artigos encontrados em base de dados científica, utilizando descritores como castração, castração em filhotes, benefícios e malefícios da castração, a fim de relatar sobre as evidências atuais, e o que os estudos apontam sobre a prática de castração.

DESENVOLVIMENTO

Fisiologia e anatomia de filhotes

Em cães e gatos, as fases denominadas neonatal e pediátricas se encontram definidas, de acordo com Pettifer e Grubb (2017) como sendo a neonatal até seis semanas de vida e a pediátrica, doze semanas.

Entre filhotes e adultos, existem algumas diferenças fisiológicas, observadas, principalmente no funcionamento dos sistemas cardiovascular, hepatorenal, respiratório, metabólico e termorregulador. Quando se compara a jovens e adultos, os neonatais e pediátricos apresentam uma reserva orgânica com limitações. Do mesmo modo, consta menor habilidade na resposta, tanto em relação às alterações fisiológicas quanto no aumento expressivo da sensibilidade quando há a necessidade do uso de fármacos sobretudo as anestésicas. Ao se observar a necessidade de administração de anestesia, no caso de filhotes, denota-se o risco ampliado de complicações relativas às técnicas anestésicas, o que exige dosagem cuidadosa, além do monitoramento constante (Pettifer; Grub, 2017).

Segundo Faggella e Aronsohn (2013), nos filhotes ou pacientes pediátricos, os níveis similares aos adultos somente são alcançados por volta da 12^a à 14^a semana de vida. Os autores reforçam que até a oitava semana de idade, tanto o fluxo sanguíneo quanto as taxas de filtração glomerular são menores. Não obstante, ao se comparar a um animal adulto, observa-se que as funções hepáticas em filhotes são mais lentas, assim como as taxas de albumina são menores. Quando submetidos a procedimentos nos quais urge a necessidade de anestésicos, seus efeitos são mais prolongados, o que amplia o risco de morbidade em pacientes pediátricos.

Ao se referir aos cães, De Backer (2016) destaca que o desenvolvimento das enzimas hepáticas após o nascimento, principalmente das que são primordiais na biotransformação e que levam de três a cinco semanas para que atinjam os mesmos índices de um adulto. Ademais, os filhotes são incapazes de concentrar a urina de forma adequada e isso os torna suscetíveis à desidratação. Em se tratando de cães, após o nascimento e até a terceira semana, o desenvolvimento da filtração glomerular é contínuo, assim como entre quatro a oito semanas o da secreção tubular. Desse modo, quando submetidos a tratamentos, e excreção dos medicamentos decorre em nível menor.

Os pediátricos apresentam maior relação no que tange à área de superfície. Isso significa um índice menor de gordura, bem como menor capacidade para tremer. Tais limitações incorrem na diminuição da capacidade de regulação da temperatura corporal. Há uma resistência em utilizar anestésicos em filhotes, uma vez que durante uma intervenção cirúrgica, como ocorre em alguns sistemas de controle populacional precoce, a produção de calor pode ser diminuída, resultante da queda na termorregulação e metabolismo, além da ausência de atividade muscular. Além desses aspectos, considera-se que filhotes possuam menor controle vasomotor e isso representa diminuição da capacidade de vasoconstrição para a manutenção dos níveis térmicos adequados (Pettifer; Grubb, 2017).

Dentre os problemas oriundos da realização de procedimentos cirúrgicos em filhotes, destaca-se que pacientes pediátricos são passíveis de sofrer com a hipotermia, o que resulta em bradicardia, reduzido débito cardíaco e hipotensão. Como resultado, há um aumento considerável no tempo de eliminação dos fármacos, o que faz com que a recuperação seja prolongada, podendo evoluir para o óbito. Concernente ao sistema cardiovascular, os filhotes apresentam débito cardíaco, frequência, volume plasmático e pressão venosa central em um espectro maior, quando se tem como parâmetro o animal adulto. Destarte, o volume sistólico, a resistência vascular periférica, assim como a pressão sanguínea se apresentam em índices menores (Pettifer; Grubb, 2017).

A inervação parassimpática se encontra madura no nascimento, mas, por outro lado, a simpática se desenvolve continuamente na fase neonatal. Esse aspecto significa que em filhotes, sejam caninos ou felinos, o sistema nervoso parassimpático é capaz de produzir forte tônus vagal, o que, em casos de intervenções com uso de anestesia, pode resultar em bradicardia. Neonatos apresentam menor concentração de hemoglobina e nos casos de hemorragia, se encontram menos aptos a compensá-la. Assim, mesmo no que seria uma perda insignificante em adultos, nos filhotes pode resultar em quadros notáveis de anemia. Não obstante, compreende-se que em filhotes de seis a catorze semanas, o nível de hematócrito se encontra em valores mais baixos do que em adultos (Faggella; Aronsohn, 2013).

Sendo fisiologicamente diferentes dos adultos, os filhotes apresentam menor concentração dos níveis de albumina, maior acúmulo de água no organismo e em contrapartida, menos gordura, assim como função hepatorenal em menor escala. Isso faz com que a indicação de fármacos requeira maior cuidado, pois seus efeitos tendem a ser prolongados. Nesse sentido, concorda-se

com Pettifer e Grubb (2017) ao confirmarem que os medicamentos com maior fração relativa à albumina têm suas atividades influenciadas, sendo que maiores proporções de fármacos podem resultar na sensibilidade a esses.

Não apenas o sistema cardiovascular de filhotes possui suas particularidades. Do mesmo modo, o sistema respiratório apresenta diferenças quando comparado ao de um animal adulto. Há que se ressaltar que após o primeiro mês de vida, o volume entre filhotes e adultos é igual. Entretanto, o que os diferencia está na taxa de consumo de oxigênio, que nos primeiros possui um índice até três vezes maior, influenciando também a frequência respiratória (Pettifer; Grubb, 2017).

Quando se trata de intervenções nas quais há a necessidade do uso de anestésicos, por exemplo, a taxa respiratória deve ser monitorada, a fim de ser mantida alta, uma vez que em estado de dormência é comum a depressão respiratória. Isso precisa ocorrer para que a hipoxemia e hipercapnia sejam evitadas, sendo recomendado o uso da ventilação assistida como garantia. Pettifer e Grubb (2017) alertam para o fato de que filhotes se recuperam mais rápido quando recebem fármacos via inalatória. No entanto, ilustram que existem um alto risco de obstrução das vias aéreas e devido ao diâmetro reduzido da traqueia, a intubação, quando necessária, se torna mais danosa.

Faggella e Aronsohn (2013) discorrem que em filhotes o risco de hipoglicemia é acentuado, pois não possuem grandes reservas de glicogênio no fígado, bem como nos músculos. Do mesmo modo, apresentam índices menores de glicogenólise e gliconeogênese. Segundo os autores, esses níveis são essenciais se houver um protocolo no qual seja necessário o preparo para uma intervenção cirúrgica, existindo diversos casos em que o filhote entra em sofrimento pela potencialização da hipotermia e hipotensão.

Técnica cirúrgica para castração de filhotes

A Ovariohisterectomia (OH) quando realizada em cadelas e gatas filhotes, é realizada de forma semelhante aos animais adultos, embora possuam algumas diferenças. Nas fêmeas o útero é exposto com maior facilidade quando a incisão se dá de dois a três centímetros caudal ao umbigo. Isso faz com o terço médio da distância entre esse a margem cranial da pelve seja ocupado. Diferentemente das fêmeas adultas, esse processo se torna mais caudal do que a técnica tradicional. Por sua vez, nas felinas o corte é realizado no terço médio do abdome caudal, sendo de um a dois centímetros e meio caudal ao umbigo (Stone, 2017).

O útero é um órgão friável, sobretudo ao se tratar de cadelas filhotes. Esse detalhe impõe a necessidade de um manejo mais delicado. O mesmo deve ocorrer com as vísceras, além de se exigir, tanto precisão, quanto meticulosidade na hemostasia. Justifica-se esse tratamento porque mesmo que filhotes tenham menores vasos, sendo menos propensos a hemorragias, assim como menor índice de gordura abdominal, facilitando a visualização das vísceras, há o risco de que pequenas perdas sanguíneas se transformem em risco de anemia grave (Silva *et al.*, 2015).

Aos machos filhotes ou adultos para castração é atribuída a mesma técnica operatória. O que as difere se relaciona ao tamanho, bem como à fragilidade das estruturas. Não obstante, tais aspectos não retiram a complexidade, da mesma forma que não ampliam o tempo destinado ao procedimento. Nesse sentido, compreende-se que o tempo para as intervenções em filhotes é o mesmo dos procedimentos em animais adultos (Stone, 2017).

Definida a necessidade da cirurgia, é preciso que seja feita uma palpação a fim de identificar se os testículos se encontram no bolsa escrotal. Nos felinos, a literatura descreve que a migração

testicular ocorre logo nas duas primeiras semanas de vida, enquanto nos cães isso deverá ocorrer entre a 12^a e a 14^a semana (Silva *et al.*, 2015).

Toda a área escrotal pode ser cirurgicamente preparada de modo que todo o escroto seja inserido no campo estéril. Essa facilidade advém do tamanho, bem como da mobilidade dos testículos de cães filhotes. Na castração, basta que seja feita uma única incisão na linha mediana ou mesmo uma incisão escrotal. Após a exposição dos testículos e do cordão espermático, na forma fechada, os cordões espermáticos passam por uma dupla ligação, sendo utilizado fio absorvível 3-0 ou cliques hemostáticos de aço inoxidável (Faggella; Aronsohn, 2013).

Cumprido ressaltar que por mais que alguns estudos tenham apontado para a ausência de efeitos adversos ao conservar as incisões abertas para que a cicatrização se dê por segunda intenção, o fechamento das incisões é importante para que a urina ou as fezes não contaminem o corte, ou mesmo que a gordura saia pela incisão (Silva *et al.*, 2015).

Ao se tratar de felinos filhotes, o cirurgião deve manter a cautela, pois o cordão espermático pode ser rompido, uma vez que tem um tamanho pequeno. Destarte, os testículos podem ser apenas puxados e dessa forma, garante-se a hemostasia causada pela laceração dos vasos, o que dispensa as suturas. Outra alternativa está na utilização de grampos hemostáticos de aço ou ligadura dos cordões espermáticos. Da mesma forma que ocorre em gatos adultos, a cicatrização pode ser feita por segunda intenção, ou seja, com as incisões deixadas em aberto (Faggella; Aronsohn, 2013).

A castração de felino filhote deve ser realizada quando ambos os testículos estiverem no escroto. No entanto, se o criptorquidismo for observado, a criptorquidectomia deverá ser feita nos mesmos padrões da convencional, ou seja, pela retirada dos testículos que estiverem retidos na cavidade. Caso os dois testículos não sejam localizados, é preciso que se espere até os seis meses de idade ou até que desçam para o saco escrotal (Crane, 2016).

Sobre as possíveis complicações advindas do procedimento cirúrgico, a OH pode acarretar hemorragias, infecções, deiscência da sutura, ligadura o trauma acidental dos ureteres. Também podem ocorrer episódios de inflamação ou infecção do remanescente do colo uterino, síndrome do ovário remanescente, ocorrência de pseudociese, incontinência urinária, tratos fistulosos ou granulados. Por sua vez, o fio da ligadura pode causar reação adversa, e em alguns estudos são descritos a peritonite e evisceração (Andrade; Bittencourt, 2013).

Cadelas e gatas castradas durante o estro apresentam complicações associadas a hemorragias. Isso decorre, principalmente, da influência do estrógeno. O tempo cirúrgico também é responsável pela alta incidência de complicações (Johnston, 2014).

Seromas, abscessos, inflamações, edemas e deiscência são complicações ao fio de sutura, observadas com maior frequência em gatas. No cão, também podem ocorrer edemas, infecções, hemorragias, tanto na incisão quanto no abdômen. Além disso, a literatura aponta para a presença de hematomas e edemas escrotais nos cães (Zago, 2013; Johnston, 2014).

Evidências sobre a esterilização precoce

Quando se trata das evidências sobre a esterilização precoce dos animais de pequeno porte, a literatura descreve que as principais complicações se referem às infecções, abscessos, ligadura acidental de ureteres, deiscência dos pontos e hemorragias. No entanto, tais complicações são consideradas evitáveis, desde que tanto a técnica quanto os materiais utilizados sejam adequados. Os pesquisadores, dentre esses, Johnston (2014), defendem que diversas doenças acometem os

animais em médio prazo, e que com o avanço das pesquisas, passaram a ser relacionadas à prática cirúrgica, assim descritas:

Incontinência urinária

A incontinência urinária é descrita como uma doença debilitante, em muitos casos, incurável. Ocorre, na maioria das vezes, em fêmeas castradas e raramente é diagnosticada em machos ou fêmeas não castradas. De acordo com Johnston (2014), os sinais da incontinência são perceptíveis em animais continentemente quando despertos, mas ao acordarem, se encontram em pequenas poças de urina. Outro sinal é verificado em animais que liberam porções de urina, ainda que pequenas, quando passam por alguma situação inesperada.

A incontinência é verificada a qualquer momento depois da gonadectomia, resultando em problemas relacionados ao manejo do paciente. No pós-ovariectomia, além da incontinência os resultados demonstram a evidência de decréscimo na pressão de fechamento uretral, além de alterações hormonais. Verifica-se também aumento na produção e depósito de colágeno na musculatura que compõe a bexiga, além da diminuição da contratilidade do músculo detrusor e redução na resposta esperada ao carbacol e aos estímulos elétricos. Para tratar a incontinência, são utilizados fármacos-adrenérgicos, estrógenos, análogos de GnRH e substâncias antidepressivas. Caso seja necessário o uso de alguma técnica cirúrgica, recomenda-se a uretropexia, cistourethropexia, aplicação de colágeno na uretra e colossuspensão (Johnston, 2014).

Os estudos de Andrade e Bittencourt *et al.* (2013) demonstram que a ocorrência da incontinência é maior em cadelas castradas, e por mais que exista evidências de que a castração realizada em animais jovens aumenta o risco da doença, os autores não apontam diferença significativa entre as idades de gonadectomia e sua ocorrência. Outros estudos demonstraram que de 791 cadelas castradas na fase adulta, 34 apresentaram incontinência urinária, ao comparar com 7 em 2.434 cadelas sexualmente intactas desenvolveram a moléstia. A doença se manifesta com maior intensidade em animais com peso superior a 20 kg, pertencentes a algumas raças, tais como Boxer, Doberman, Schnauzer gigante, Setter irlandês, Rottweiler, Springer spaniel e Weimaraner). A incontinência é mais comumente detectada em animais cujo comprimento uretral e posição de repouso da bexiga cria um diferencial de pressão ao longo da uretra (Rédua; Bueno, 2020).

A incidência da incontinência urinária em cadelas castradas após o primeiro cio foi maior do que em cadelas castradas precocemente. No entanto, ao se tratar de cadelas castradas na maturidade, principalmente nos quatro primeiros anos de vida, isso não foi observado (Andrade; Bittencourt, 2013; Voorwald, Tiosso, Tonollo, 2013).

As pesquisas realizadas denotam que a ocorrência da incontinência urinária pós gonadectomia tenha relação com outros aspectos, dentre eles a diminuição na pressão de fechamento do esfíncter uretral, bem como as transformações hormonais condizentes ao GnRH, FSH, LH e E2, e a “ampliação da deposição de colágeno na musculatura lisa da bexiga, diminuição da contratilidade do músculo detrusor, assim como na resposta aos estímulos elétricos e ao carbacol” (Silva *et al.*, 2015, p.12).

Nas cadelas, a possibilidade de desenvolverem incontinência urinária é de 5,1 a 20%, reduzindo para menos de 1% em fêmeas não castradas. Nos machos caninos não há prevalência, sendo considerados raros os casos de incontinência após a gonadectomia. Não obstante, relata-se a frequência de 12,9% a 5% de incontinência em fêmeas castradas antes e após os três meses de idade. No entanto, novas pesquisas reforçaram a não existência de diferenças que possam ser

consideradas significativas no que se refere às doenças do trato urinário em caninos castrados precocemente ou não (Stubbs *et al.*, 2016).

Os estudos de Spain, Sacarlett e Houpt (2004) revelam que a predisposição dos felinos à obstrução uretral como consequência da gonadectomia ainda não tem comprovação. Segundo a literatura, gatos castrados até sete meses de idade não se tornaram predispostos a um número maior de obstruções do trato urinário, ou mesmo alterações no diâmetro uretral pré-prostático e peniano, bem como no perfil 1 da pressão uretral, quando comparados aos inteiros.

Em comparação aos gatos castrados precocemente, as pesquisas demonstram menor prevalência de incontinência urinária em relação aos castrados após sete meses, que por sua vez sofrem com infecções urinárias e obstruções uretrais. Por outro lado, comprovou-se que a incontinência urinária em felinos, castrados ou não precocemente, advém das alterações no ambiente, bem como no comportamento desses. Uma vez que suas atividades são reduzidas, os felinos se tornam sedentários, com maior tempo de repouso e maior atividades nutricionais como resultantes da ausência dos hormônios gonadais (Silva *et al.*, 2015).

Genitália externa infantil

A falta de hormônios gonadais faz com que a vulva e o pênis cresçam de maneira insatisfatória, como consequência da gonadectomia. Essa condição é descrita como genitália infantil e traz dificuldades de micção, dermatite perivulvar e vaginite nas fêmeas. Nos machos causa obstrução uretral, bem como a dificuldade de exposição do pênis. Quando se trata de felinos, os estudos sobre a ocorrência de dermatite perivulvar em indivíduos castrados não se mostraram clinicamente significativos (Lefebvre *et al.*, 2013).

Do mesmo modo, há uma relação entre a castração de felinos e suas chances de desenvolverem obstrução, entretanto os estudos realizados demonstraram diferenças entre o diâmetro da uretra de um gato castrado na fase pediátrica, bem como na idade convencional ou mesmo em machos inteiros (Stubbs; Bloomberg; Scruggs, 2013).

Obesidade

Em relação aos felinos, compreende-se que os castrados, desconsiderando a idade em que isso ocorra, tem menor coeficiente térmico, massa corpórea ampliada, bem como score corporal e o índice de gordura falciforme comparado aos inteiros. Por isso, apresentam risco 3 a 4 vezes maior de apresentarem obesidade, o que significa menor energia de manutenção; precisando de 33% menos calorias quando se trata de fêmeas e 28% no caso de machos. No caso de cães castrados, existem algumas controvérsias em relação à obesidade. Observa-se que fêmeas castradas normalmente têm o apetite aumentado e indiscriminado, ampliando a possibilidade de engordarem além do limite (Silva *et al.*, 2015).

Nos machos castrados, verifica-se aumento do apetite, correspondendo a 42% enquanto nas fêmeas castradas esse percentual esteve em 32%. Esse fator é explicado pela diminuição no nível de atividade, assim como aumento do tempo em que estão em descanso. O aumento da obesidade em fêmeas e machos castrados na idade adulta é maior quando comparada aos índices de castrados na fase pediátrica. As controvérsias mencionadas anteriormente se relacionam ao fato de que a obesidade é causada por problemas multifatoriais, incluindo-se os hábitos alimentares, raça, idade, atividade física e condição sexual, sendo assim, para estarem diretamente relacionadas à castração seria preciso estudos mais aprofundados. O que se tem comprovado é que os animais

gonadectomizados, não importando a idade, necessitam de menor quantidade de alimentos depois de serem castrados. Sendo assim, a obesidade pode ser combatida, bastando apenas que se regule a nutrição desses (Lefebvre *et al.*, 2013).

Osteossarcoma e outras neoplasias

No que se refere aos osteossarcomas, observou-se que os cães castrados possuem o risco duas vezes maior de desenvolver essa doença, no entanto, não houve referência à idade dos animais em relação à castração. Os cães machos da raça Rottweiler, castrados na fase pediátrica apresentaram risco até quatro vezes maior e do mesmo modo, as fêmeas demonstraram risco três vezes maior no desenvolvimento de osteossarcoma quando comparados aos inteiros (Cooley *et al.*, 2002). Entretanto esses resultados foram questionados por Kustritz (2007) que agregou o aspecto hereditário para que taxa de desenvolvimento de osteossarcoma em Rottweilers seja alta.

Destaca-se que o osteossarcoma é descrito na literatura como sendo uma neoplasia mesenquimal, observada no esqueleto apendicular de cães de raças grandes e gigantes, cujo crescimento ósseo se dá de forma rápida. Uma vez que os pesquisadores relatam maior crescimento ósseo em filhotes castrados precocemente, compreende-se a predisposição ao osteossarcoma, embora não existam estudos que comprovem que os hormônios gonadais estejam diretamente relacionados à carcinogênese óssea (Voorwald; Tiosso; Toniollo, 2013).

Quanto às demais neoplasias, denota-se nos animais castrados maior predominância de carcinomas nas células de transição da bexiga, bem como o desenvolvimento de hemangiossarcoma cardíaco e esplênico em animais castrados. A gonadectomia em cães amplia de duas a quatro vezes o risco de desenvolvimento de câncer de bexiga, tanto em fêmeas quanto em machos. Os estudos preliminares não consideraram a idade do animal castrado, associando o carcinoma à senilidade. As pesquisas de Tavares *et al.* (2018) comprovaram que os cães gonadectomizados com menos de seis meses, entre sete e doze meses ou com mais de um ano de vida, tiveram as chances de desenvolvimento de câncer ampliadas em comparação com os cães inteiros.

No caso do hemangiossarcoma, em machos e fêmeas castrados com menos de um ano houve um aumento significativo das chances de desenvolverem esse tipo de doença, quando comparado a inteiros. Destaca-se que quanto mais precoce for a gonadectomia, menor será a idade média do diagnóstico de câncer, seja hemangiossarcoma, linfomas ou câncer de mastócito (Tavares *et al.*, 2018).

Quanto ao câncer prostático, a literatura aponta para o fato de que cães castrados apresentam o risco de 3 a 9 vezes maior de desenvolver câncer do que os inteiros. Isso ocorre principalmente devido à interrupção do estímulo androgênico gonadal, uma vez que esse processo diminui a proporção dos componentes acinares glandulares andrógenos-dependentes, o que resulta na ampliação da proporção dos componentes ductais e uroteliais andrógenos-independentes (Voorwald, Tiosso, Toniollo, 2013).

Outros estudos denotam que a gonadectomia precoce seja capaz de auxiliar no processo preventivo de prostatopatias e neoplasias prostáticas em cães, uma vez que essas doenças ocorrem nos tecidos que recebem carga hormonal descontrolada (Tavares *et al.*, 2018).

Em relação às fêmeas, as neoplasias mamárias são a justificativa para a castração, uma vez que 50% dos tumores em cadelas e 17% em gatas são detectados em fêmeas inteiras. Nesses casos, a castração precoce pode reduzir a incidência de neoplasias malignas em fêmeas caninas (Andrade, Bittencourt, 2015).

Aspectos comportamentais

Os aspectos comportamentais também são influenciados pela gonadectomia de cães e felinos. Os estudos realizados trazem resultados variados, embora seja verificado que cães castrados na fase pediátrica ou pós-puberal apresentam redução na marcação territorial, assim como nas fugas, agressividade, perambulação, ansiedade e micção por medo. Do mesmo modo, cães castrados obesos tornam-se sedentários, preferindo maior tempo de repouso. Quanto aos felinos, as pesquisas demonstram os gatos que passaram pela orquiectomia, tanto na fase pré quanto na pós-puberal tiveram redução na agressividade e marcação de território com *spray* de urina, além de apresentarem maior afetividade com humanos (Voorwald, Tiosso, Toniollo, 2013).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A esterilização é frequentemente estimulada na atualidade para o controle populacional de cães e gatos, sendo que animais castrados quando comparados aos animais inteiros apresentam maior expectativa de vida. Existem diversas literaturas que evidenciam malefícios que a castração pode causar, principalmente aos animais jovens, contudo os benefícios também são relatados com similar significância, principalmente quando citado os efeitos profiláticos e terapêuticos aos distúrbios reprodutivos ou mesmo relacionado aos comportamentos de risco apresentados pelos animais inteiros. Conclui-se nesse estudo que benefícios e malefícios da castração devem ser avaliados dentro do contexto individual e de necessidade de cada tutor e seu animal, para promoção da qualidade de vida dos cães e gatos, bem como benefícios à saúde pública.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.C.S; BITTENCOURT, L.A.F.B. Castração convencional e precoce: revisão de literatura. **Anais do 11º Encontro Científico Cultural Interinstitucional**. 2013. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/55952ac1cd2cb.pdf> Acesso em 20 de novembro de 2020.

BRASIL. Presidência da República. Lei 13.426 de 30 de março de 2017. Dispõe sobre a política de controle da natalidade em cães e gatos e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília. 30/03/2017. Não paginado. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13426.htm#:~:text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20de,Art.> Acesso em 20 de novembro de 2020.

COOLEY, *et al.* **Exposição ao hormônio gonadal endógeno e risco de sarcoma ósseo**. Rev. Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev. 11(11). p.1434-1440. nov. 2002. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12433723/>> Acesso em 05 de novembro de 2020.

CRANE S.W. Orquiectomia de testículos descidos e retidos no cão e no gato. In. _____. BOJRAB, M. J.; WALDRON, D. R.; TOOMBS, J. P. **Técnicas atuais em cirurgia de pequenos animais**. São Paulo: Editora Tenton NewMedia, 2014.

DE BACKER, P. Farmacocinética Neonatal comparativa. *Farmacologia Veterinária Comparada, Toxicologia e Terapêutica* pp 161-171. 2016. Disponível em < https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-4153-3_16#citeas> Acesso em 14 de novembro de 2020.

FAGGELLA, A.M; ARONSOHN, M.G. Técnicas anestésicas para castrar gatinhos de 6 a 4 se-

manas de idade. **J Am Vet Med Assoc.** 202 (1): 56-62. 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8420907/>> Acesso em 12 de novembro de 2020.

JOHNSTON, S.D Perguntas e respostas sobre os efeitos da castração cirúrgica de cães e gatos. **Journal of the American Veterinary Medical Association.** 198 (7): 1206-1214, 2014. Disponível em: < <https://europepmc.org/article/med/2045342>> Acesso em 12 de outubro de 2020.

KUSTRITZ, M.V.R. Determinando a idade ideal para gonadectomia de cães e gatos. **American Veterinary Medical Association Journal.** Vol 231, n11. p.1665-1675. dez, 2007. Disponível em <https://avmajournals.avma.org/doi/full/10.2460/javma.231.11.1665> Acesso em 05 de novembro de 2020.

LEFEBVRE, S.L *et al.* **Efeito da idade na gonadectomia na probabilidade de os cães ficarem acima do peso.** Journal of the American Veterinary Medical Association, Vol. 243, No. 2, p. 236-243. julho, 2013. Disponível em < <https://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/javma.243.2.236>> Acesso em 05 de novembro de 2020.

LIMA, A. F. da M.; LUNA, S. P. L.; PAYNE, W. J. **Contraceção cirúrgica em cães e gatos.** São Paulo: MedVet, 2014. 167 p.

O'FARREL, V.; PEACHEY, E. **Efeitos comportamentais da ovariectomia em gatos.** Journal of Small Animal Practice. 31(12): 595-598. 1990. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1748-5827.1990.tb00701.x> Acesso em 12 de outubro de 2020. DOI 10.1111 / j.1748-5827.1990.tb00701.x

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **O controle da raiva:** sexto relatório do comitê de especialistas da OMS em raiva. Tradução Fernando Melgaço de Assumpção Costa. 1 ed. Goiânia: Ed. A UFG, 1999.

PETTIFER, G. R.; GRUBB, T. L. Neonatal and Geriatric Patients. In: TRANQUILLI, W. J.; THURMON, J. C.; GRIMM, K. A. **Lumb & Jones' Veterinary Anesthesia and Analgesia, 4 ed.** Iowa: Blackwell Publishing, 2017. Disponível em < <https://www.wiley.com/en-us/Veterinary+Anesthesia+and+Analgesia%3A+The+Fifth+Edition+of+Lumb+and+Jones-p-9781118526231>> Acesso em 13 de novembro de 2020.

RÉDUA, C.R.O.; BUENO, L.C.V. Uso e consequências dos principais métodos contraceptivos em cadelas da Região do D.F. **Revista Ciência e Saúde Animal.** V.02, nº 1. 2020. Disponível em <<http://revistas.icesp.br/index.php/CSA/article/view/927>> Acesso em 20 de novembro de 2020.

REICHLER, I.M. **Gonadectomia em cães e gatos:** uma revisão dos riscos e benefícios. Rev. Reprod. Domes. Anim. 44. Suplemento 2: 29-35. julho, 2009. Disponível em < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19754532/>> Acesso em 17 de outubro de 2020. DOI: 10.1111 / j.1439-0531.2009.01437.x

SILVA, T.C *et al.* Castração pediátrica em cães e gatos: revisão de literatura. **Revista Medicina Veterinária.** (UFRPE). Recife. V-9, n1-4. p.20-25, 2015. Disponível em: < <http://journLals.ufrpe.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/1331>> Acesso em 20 de novembro de 2020.

SPAIN, C. V.; SCARLETT, J. M.; HOUP, K. A. Riscos e Benefícios de longo prazo da gonadectomia precoce em cães. **Journal of the American Veterinary Medical Association,** v. 224, n. 3; p. 380- 387, 2004. Disponível em: < <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14765797/>> Acesso em 06 de novembro de 2020.

STONE, E. A. Ovário e Útero. In: SLATTER, D. **Manual de Cirurgia de Pequenos Animais,** 3 ed. São Paulo: Editora Manole, 2017.

STUBBS, W. P. BLOOMBERG, M. S. SCRUGGS, S. L. Prepubertal gonadectomy in the domestic feline: Effects, physical and behavioral development. in: **American College of Veterinary Surgeons Veterinary Symposium**, n.32, Proceedings, 2013.

TAVARES, D. C. *et al.* Comparação entre orquiectomia pré-escrotal e escrotal, correlacionadas com o tempo cirúrgico em cães. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v. 6, n. 1, p. 107-125, 31 dez. 2018. Disponível em < <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevCiVet/article/view/41978>> Acesso em 20 de novembro de 2020.

VOORWALD, F. A.; TIOSSO, C. ; TONIOLLO, G. H.. Gonadectomia pré-puberal em cães e gatos. **Cienc. Rural** , Santa Maria, v. 43, n. 6, pág. 1082-1091, junho de 2013. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782013000600022&lng=en&nrm=iso>. acesso em 20 de novembro de 2020. Epub 10 de maio de 2013. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013005000059> .

YATES, D.; LEEDHAM, R. Prepubertal neutering of dogs—some risks and benefits. **Companion Animal**, v. 24, n. 1, p. 38-42, 2019. Disponível em < <https://www.magonlinelibrary.com/doi/abs/10.12968/coan.2019.24.1.38?journalCode=coan>> Acesso em 20 de novembro de 2020.

ZAGO, B.S. **Prós e contras da castração precoce em pequenos animais**. Monografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Veterinária. 2013.

