

UNIVERSIDADE DE UBERABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANIDADE E PRODUÇÃO ANIMAL NOS
TRÓPICOS (PPGSPAT) - MESTRADO
MATHEUS GARCIA LOPES

ANESTESIA INTRAVENOSA EM AVES: ESTUDO EXPERIMENTAL DO
SULFATO DE MAGNÉSIO E PROPOFOL EM POMBOS DOMÉSTICOS (*Columba*
***livia*)**

UBERABA-MG

2025

UNIVERSIDADE DE UBERABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANIDADE E PRODUÇÃO ANIMAL NOS
TRÓPICOS (PPGSPAT) - MESTRADO
MATHEUS GARCIA LOPES

ANESTESIA INTRAVENOSA EM AVES: ESTUDO EXPERIMENTAL DO
SULFATO DE MAGNÉSIO E PROPOFOL EM POMBOS DOMÉSTICOS (*Columba*
***livia*)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos da Universidade de Uberaba (Uniube) como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos.

Orientador: Prof. Dr. Endrigo Gabellini Leonel Alves
Coorientadora: Profa. Dra. Isabel Rodrigues Rosado

UBERABA-MG
2025

Catálogo elaborado pelo Setor de Referência da Biblioteca Central UNIUBE

- L881a Lopes, Matheus Garcia.
Anestesia intravenosa em aves: estudo experimental do sulfato de magnésio e propofol em pombos domésticos (*Columba livia*) / Matheus Garcia Lopes. – Uberaba, 2025.
73 f. : il., p&b.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos.
Orientador: Prof. Dr. Endrigo Gabellini Leonel Alves.
Coorientadora: Profa. Dra. Isabel Rodrigues Rosado.
1. Anestesia veterinária. 2. Anestesia – Técnica. 3. Ave doméstica. 4. Pombos – Anestesia intravenosa. I. Alves, Endrigo Gabellini Leonel. II. Rosado, Isabel Rodrigues. III. Universidade de Uberaba. Programa de Pós -Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos. IV. Título.
- CDD 636.089796

Tatiane da Silva Viana – Bibliotecária – CRB-6/3171

MATHEUS GARCIA LOPES

ANESTESIA INTRAVENOSA EM AVES: ESTUDO EXPERIMENTAL DO SULFATO DE
MAGNÉSIO E PROPOFOL EM POMBOS (*Columba livia*)

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos do Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos da Universidade de Uberaba.

Área de concentração: Sanidade e Produção Animal nos Trópicos

Aprovada em: 16/05/2025

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Endrigo Gabellini Leonel Alves
Universidade de Uberaba



Prof. Dr. Ian Martin
Universidade de Uberaba

gov.br

Documento assinado digitalmente
MÁRIO SÉRGIO LIMA DE LAVOR
Data: 21/05/2025 07:34:58-0300
Verifique em <https://validar.digov.br>

Prof. Dr. Mário Sérgio Lima de Lavor
Universidade Estadual de Santa Cruz

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, proteção e sabedoria em todos os momentos, especialmente nos mais desafiadores.

Aos meus pais, Nauva Garcia Lopes e Evaldo Lopes, por todo o amor, apoio incondicional e pelos valores que me ensinaram e que levo comigo em cada passo. Aos meus irmãos, Mayara, Mayume, Marcell e Maryana, pela parceria e por sempre torcerem por mim, mesmo nos momentos de distância.

À minha tia Lucinara, às minhas primas Kállyta e Nicolly, pelo carinho, pela escuta e pelos gestos que sempre me fortaleceram. Aos meus avós, Antônio, Maria do Carmo e Sebastião, por todo amor, cuidado e ensinamentos que carrego comigo. Um agradecimento especial à minha querida avó Cleonice de Sousa Garcia, cuja ausência deixou um profundo vazio, mas sua memória permanece viva em meu coração e foi combustível para seguir até aqui.

À minha parceira de jornada Ananda Neves Teodoro, que esteve presente nos desafios e nas conquistas, contribuindo com apoio, troca de ideias e parceria diária, meus sinceros agradecimentos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Endrigo Gabellini Leonel Alves e à Profa. Dra. Isabel Rodrigues Rosado, coorientadora, pela orientação dedicada, confiança e contribuições fundamentais ao longo desta pesquisa.

Aos professores e colaboradores do Programa de Pós-Graduação, pela excelência no ensino, disponibilidade e suporte prestado durante essa jornada.

À Universidade de Uberaba, pela formação de qualidade e pelas oportunidades oferecidas. A CAPES-PROSUP pela concessão da bolsa de estudos e apoio financeiro para aquisição de insumos para o projeto.

E por fim, aos animais utilizados neste experimento, cuja contribuição foi essencial, possibilitando a construção de conhecimento e avanços na área.

APOIO FINANCEIRO

Este estudo foi realizado com apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por meio do Programa de Desenvolvimento da Pós-Graduação – PDPG Emergencial de Consolidação Estratégica dos Programas de Pós-Graduação stricto sensu acadêmicos com notas 3 e 4 (PDPG-CONSOLIDAÇÃO), concedido ao Programa de Pós-Graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos (PPGSPAT) da Universidade de Uberaba – 32036019003P7, Processo nº 88881.709077/2022-01. Também contou com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e da Universidade de Uberaba (UNIUBE).

RESUMO

A anestesia em aves apresenta desafios únicos devido à fisiologia particular dessa classe de animais. O capítulo 1, trata de uma revisão de literatura que investiga a anestesia intravenosa em aves, abordando fármacos, doses, eficácia e efeitos adversos, com o objetivo de otimizar protocolos anestésicos e aprimorar o bem-estar aviário. A pesquisa considerou artigos publicados entre 1990 e 2024, em diferentes bases de dados. A revisão identificou propofol e alfaxalona como os fármacos intravenosos mais estudados em anestesia aviária. Porém, a combinação de fármacos, visando a anestesia balanceada, demonstrou potencial para otimizar a analgesia e minimizar efeitos adversos. Entretanto, a generalização dos resultados apresenta limitações. Os achados desta revisão contribuem para a prática veterinária, orientando a escolha de fármacos e protocolos anestésicos mais adequados para diferentes espécies aviárias. O segundo capítulo apresenta a pesquisa experimental, em que 21 pombos domésticos (*Columba livia*) foram distribuídos aleatoriamente em três grupos (n = 7): grupo P (propofol), grupo PM (propofol + Sulfato de magnésio - MgSO_4) e grupo M (MgSO_4 isolado). Os grupos P e PM apresentaram ausência dos reflexos palpebral e interdígital ($p < 0,05$), indicando plano anestésico adequado, enquanto no grupo M esses reflexos foram preservados, evidenciando plano anestésico insuficiente. O reflexo corneano foi mantido em todos os grupos, mas com resposta mais lenta nos grupos P e PM. Os protocolos P e PM mantiveram as variáveis FC, FR e SpO_2 dentro da normalidade, com necessidade de ventilação controlada em alguns animais do grupo P, enquanto o grupo M demonstrou agitação e excitação. Apesar de não causar hipotensão, o MgSO_4 promoveu redução significativa da pressão arterial sistólica ($p < 0,05$), sugerindo efeito vasodilatador. Sua adição ao protocolo reduziu o uso de propofol na indução e manutenção. Todos os grupos avaliados apresentaram queda significativa na temperatura corporal. O uso de propofol elevou os níveis de pCO_2 ($p < 0,05$), com queda significativa no pH nos grupos PM e M. Os valores de HCO_3^- aumentaram estatisticamente de forma compensatória. O momento da coleta pode ter influenciado nos níveis de lactato sérico em todos os grupos. Houve aumento significativo nos valores de glicose do grupo M em resposta a agitação/excitação manifestada. O propofol + MgSO_4 associados reduziram a concentração de iCa^{++} . A dissertação apresenta um estudo abrangente de fármacos intravenosos em aves, com foco no uso do propofol e sulfato de magnésio, sugerindo o uso combinado como alternativa viável para anestesia total intravenosa (TIVA) em pombos domésticos.

Palavras-chave: TIVA, Anestesia aviária, Adjuvante anestésico, Reflexo palpebral.

ABSTRACT

Avian anesthesia presents unique challenges due to the particular physiology of this class of animals. Chapter 1 provides a literature review on intravenous anesthesia in birds, addressing drugs, dosages, efficacy, and adverse effects, with the aim of optimizing anesthetic protocols and improving avian welfare. The review included articles published between 1990 and 2024 across various databases. Propofol and alfaxalone were identified as the most studied intravenous anesthetics in avian species. However, drug combinations aiming for balanced anesthesia showed potential to enhance analgesia and minimize side effects. Nevertheless, generalizing the findings presents limitations. This review contributes to veterinary practice by guiding the selection of more suitable anesthetic drugs and protocols for different avian species. Chapter 2 presents the experimental research, in which 21 domestic pigeons (*Columba livia*) were randomly assigned into three groups ($n = 7$): group P (propofol), group PM (propofol + magnesium sulfate – MgSO_4), and group M (MgSO_4 alone). Groups P and PM exhibited absence of palpebral and interdigital reflexes ($p < 0.05$), indicating an adequate anesthetic plane, whereas these reflexes were preserved in group M, evidencing an insufficient anesthetic depth. The corneal reflex was present in all groups, though with a slower response in P and PM groups. Protocols P and PM maintained heart rate (HR), respiratory rate (RR), and oxygen saturation (SpO_2) within normal ranges, with some animals in group P requiring controlled ventilation, while group M showed agitation and excitation. Although MgSO_4 did not induce hypotension, it significantly reduced systolic blood pressure ($p < 0.05$), suggesting a vasodilatory effect. Its addition to the protocol reduced the propofol dose required for induction and maintenance. All groups experienced a significant drop in body temperature. Propofol increased pCO_2 levels ($p < 0.05$), accompanied by a significant decrease in pH in groups PM and M. HCO_3^- values rose significantly as a compensatory response. The timing of blood collection may have influenced serum lactate levels across all groups. Group M showed a significant increase in glucose values, likely due to agitation and excitation. The combination of propofol and MgSO_4 reduced ionized calcium (iCa^{2+}) levels. This dissertation presents a comprehensive study on intravenous anesthetics in birds, focusing on propofol and magnesium sulfate, and suggests their combination as a viable alternative for total intravenous anesthesia (TIVA) in domestic pigeons.

Keywords: TIVA, Avian anesthesia, Anesthetic adjuvant, Palpebral reflex.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados sobre anestésicos intravenosos em diferentes espécies aviárias. As informações foram obtidas a partir de 16 artigos originais publicados entre 1990 e 2024, identificados nas bases de dados PubMed, BSV Veterinária, Google Scholar, Science Direct e Springer Open. A tabela reúne informações sobre os fármacos utilizados, suas doses, espécies estudadas, tempos de indução, duração da anestesia e efeitos adversos observados 16 - 22

Tabela 1. Média e erro padrão dos parâmetros vitais de pombos domésticos (*Columba livia*) submetidos à anestesia total intravenosa (TIVA) com emprego de propofol (P), propofol + sulfato de magnésio (PM) e sulfato de magnésio isolado (M). As mensurações foram realizadas nos momentos: Pré-anestésico, MPA, Indução anestésica (tempo 0), a cada 10 minutos durante os 60 minutos do período transanestésico, e a cada 10 minutos durante 30 minutos do período de recuperação pós-anestésica..... 42 - 43

Tabela 2. Média e erro padrão dos parâmetros hemogasométricos (pH, pCO₂, HCO₃⁻, Lactato, Glicose, Na⁺, K⁺, iCa²⁺, Cl⁻) de pombos domésticos (*Columba livia*) submetidos à anestesia total intravenosa (TIVA) com emprego de propofol (P), propofol + sulfato de magnésio (PM) e sulfato de magnésio isolado (M). As mensurações foram realizadas nos momentos: Pré-anestésico, 30 minutos do período transanestésico e aos 30 minutos do período de recuperação pós-anestésica.....44 - 45

LISTA DE ABREVIATURAS

AST	Alanina aminotransferase
ASA	American Society of Anesthesiologists
CAM	Concentração Alveolar Mínima
CEEA	Comitê de Ética em Experimentação Animal
Cl ⁻	Cloreto
COBEA	Colégio Brasileiro de Experimentação Animal
CRI	Constant Rate Infusion - Infusão em taxa constante
ECA	Enzima conversora de angiotensina
FC	Frequência Cardíaca
FR	Frequência Respiratória
Glu	Glicose
HCO ₃ ⁻	Bicarbonato
iCa ²⁺	Cálcio ionizado
K ⁺	Potássio
Lac	Lactato
IM	Intramuscular
MgSO ₄	Sulfato de Magnésio
Na ⁺	Sódio
P	Propofol
PAS	Pressão Arterial Sistólica
pCO ₂	Pressão parcial de dióxido de carbono
pH	Potencial hidrogeniônico
PM	Propofol + Magnésio
SNC	Sistema Nervoso Central
SNK	Student-Newman-Keuls
SpO ₂	Saturação periférica de oxigênio
T°C	Temperatura em graus Celsius
TIVA	Total Intravenous Anesthesia / Anestesia Total Intravenosa

LISTA DE ANEXO

Anexo 1: Comitê de Ética em Experimentação Animal.....	60
---	----

SUMÁRIO

Capítulo 1: ANESTESIA INTRAVENOSA EM AVES: UMA REVISÃO ABRANGENTE DE FÁRMACOS E PROTOCOLOS	12
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	32
Capítulo 2. IMPACTO DO SULFATO DE MAGNÉSIO ASSOCIADO OU NÃO AO PROPOFOL NA ANESTESIA DE POMBOS DOMÉSTICOS (<i>Columba livia</i>)	36
INTRODUÇÃO	37
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	38
MATERIAL E MÉTODOS	39
Animais	39
Grupos Experimentais	39
Avaliação das variáveis, plano e recuperação anestésica.....	40
Análise Estatística	41
RESULTADOS	42
Reflexos e plano anestésico.....	42
Parâmetros cardiorrespiratórios.....	42
Temperatura	46
Hemogasometria (ácido-base).....	46
Hemogasometria (lactato e glicose)	48
Hemogasometria (eletrólitos).....	48
DISCUSSÃO.....	49
CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	56

Capítulo 1: ANESTESIA INTRAVENOSA EM AVES: UMA REVISÃO ABRANGENTE DE FÁRMACOS E PROTOCOLOS



<https://doi.org/10.56238/arev7n2-090>

Data de submissão: 10/01/2025

Data de Publicação: 10/02/2025

Matheus Garcia Lopes

Médico veterinário

Universidade do Agro Uniube

Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos

matheusgarcia.mvet@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-6099-2692>

<http://lattes.cnpq.br/0483271486375213>

Ananda Neves Teodoro

Médica veterinária

Universidade do Agro Uniube

ananda.teodoro@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-2227-5411>

<http://lattes.cnpq.br/1868022978739532>

Isabel Rodrigues Rosado

Médica veterinária

Universidade do Agro Uniube

Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos

<https://orcid.org/0000-0001-7819-4253>

isabel.rosado@uniube.br

<http://lattes.cnpq.br/5855259434191533>

Ian Martin

Médico veterinário

Universidade do Agro Uniube

Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos

<https://orcid.org/0000-0001-6934-8257>

ian.martin@uniube.br

<http://lattes.cnpq.br/4730020772591126>

Rodrigo Supranzetti de Rezende

Médico veterinário

Universidade do Agro Uniube

Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos

<http://lattes.cnpq.br/7668560390313007>

rodrigo.rezende@uniube.br

<https://orcid.org/0000-0002-9445-9343>

Renato Linhares Sampaio

Médico veterinário

Universidade do Agro Uniube

Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos

<http://lattes.cnpq.br/2231644256161911>renato.sampaio@uniube.br<https://orcid.org/0000-0003-2585-9543>**Joely Ferreira Figueiredo Bittar**

Médica veterinária

Universidade do Agro Uniube

Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos

<http://lattes.cnpq.br/2793186283755435>joely.bittar@uniube.br<https://orcid.org/0000-0002-1813-9006>**Endrigo Gabellini Leonel Alves**

Médico veterinário

Universidade do Agro Uniube

Programa de Pós-graduação em Sanidade e Produção Animal nos Trópicos

<http://lattes.cnpq.br/4550784508252779>endrigoalves@gmail.com<https://orcid.org/0000-0001-8524-394>

RESUMO

A anestesia em aves apresenta desafios únicos devido à sua fisiologia particular. Este estudo, uma revisão de literatura, investiga a anestesia intravenosa em aves, abordando fármacos, doses, eficácia e efeitos adversos, com o objetivo de otimizar protocolos anestésicos e aprimorar o bem-estar aviário. A pesquisa considerou artigos publicados entre 1990 e 2024, indexados em bases de dados como PubMed, BSV Veterinária, Google Scholar, Science Direct e Springer Open. A revisão identificou propofol e alfaxalona como os fármacos intravenosos mais estudados em anestesia aviária. A variabilidade interespecífica nas doses e protocolos reforça a necessidade de individualização anestésica. A combinação de fármacos, visando a anestesia balanceada, demonstrou potencial para otimizar a analgesia e minimizar efeitos adversos. A anestesia total intravenosa surge como alternativa promissora, especialmente quando a anestesia inalatória é contraindicada. Entretanto, a heterogeneidade dos estudos e a escassez de pesquisas com certas espécies e fármacos limitam a generalização dos resultados. Os achados desta revisão contribuem para a prática veterinária, orientando a escolha de fármacos e protocolos anestésicos mais adequados para diferentes espécies aviárias. Recomendam-se a cautela na aplicação dos resultados, a consulta a múltiplas fontes e a individualização da anestesia são cruciais.

Palavras-chave: Propofol. Alfaxalona. Midazolam. Acepromazina. Fentanil.

INTRODUÇÃO

As aves compreendem aproximadamente 10.000 espécies, distribuídas em 28 ordens, muitas das quais são mantidas como animais de estimação. A crescente presença de aves em centros de reabilitação, consultórios e hospitais veterinários justifica a ampla utilização da anestesia nesses animais. A contenção física, além de extremamente estressante, pode ser fatal em alguns casos, tornando a anestesia uma alternativa menos estressante e frequentemente necessária em procedimentos ambulatoriais simples, como corte de unhas e bico, exame físico e de imagem, sendo indispensável em procedimentos cirúrgicos (Ludders, 2015).

A anestesia em aves apresenta desafios consideráveis devido à diversidade anatômica e fisiológica dessas espécies, tanto selvagens quanto domesticadas. As diferenças nos sistemas cardiovascular e respiratório exigem abordagens anestésicas específicas, baseadas nos princípios da anatomia, fisiologia e farmacologia aviária (Ludders, 2015). Apesar dos avanços em agentes anestésicos e técnicas de monitoramento que contribuíram para o aumento da segurança (Ferrier et al., 2022), os riscos anestésicos em aves permanecem relevantes. Agentes anestésicos podem induzir depressão cardiorrespiratória, potencialmente fatal, especialmente em pacientes críticos (Ludders, 2015).

A anestesia total intravenosa (TIVA) consiste na administração exclusiva de fármacos anestésicos por via intravenosa, tanto para indução quanto para manutenção. Os fármacos ideais para TIVA devem apresentar rápida indução e recuperação, sem efeitos cumulativos que prolonguem o despertar anestésico (Yan et al., 2023). Amplamente utilizada em pequenos animais em estado crítico, a TIVA oferece vantagens em relação à anestesia inalatória, constituindo uma alternativa segura e eficaz em cenários complexos. Ao minimizar o impacto cardiovascular, a TIVA reduz os riscos de depressão miocárdica, vasodilatação e hipotensão, frequentemente associados aos agentes inalatórios (Ferrier et al., 2022). Além disso, proporciona um despertar suave, reduzindo a incidência de agitação, disforia, náusea e vômito no pós-operatório, beneficiando particularmente pacientes críticos (Raffe, 2020). A administração por infusão contínua controlada (CRI) possibilita o ajuste preciso das doses, garantindo anestesia estável e adaptada às necessidades individuais. A ausência de emissões de gases anestésicos halogenados, como isoflurano e sevoflurano, minimiza o impacto ambiental e os riscos ocupacionais para a equipe veterinária (Yan et al., 2023). A flexibilidade da TIVA a torna adequada para procedimentos de curta e longa duração, sendo vantajosa em locais com infraestrutura limitada para anestesia inalatória (Raffe, 2020). Uma meta-análise comparando TIVA e anestesia volátil (VA) em cirurgias oncológicas (10 estudos, 14.036

pacientes) associou a TIVA a melhores desfechos, incluindo maior sobrevida global e livre de recorrências, além de menor incidência de complicações pós-operatórias. Os autores sugerem que o propofol, frequentemente utilizado na TIVA, preserva a imunidade e inibe fatores pró-tumorais, enquanto os anestésicos voláteis podem exacerbar a imunossupressão e favorecer metástases (Yan et al., 2023).

Em aves, a TIVA pode ser preferível à anestesia inalatória em circunstâncias específicas, como doenças do trato respiratório, reparação cirúrgica de ossos pneumáticos, cirurgias do trato respiratório ou celomático com invasão de sacos aéreos, e procedimentos na cavidade oral, onde o tubo endotraqueal pode ser um obstáculo, além de expor a equipe a altas concentrações de gases anestésicos residuais (Santos et al., 2020).

O presente estudo, por meio de uma revisão narrativa da literatura, buscou compilar informações sobre os principais fármacos intravenosos utilizados em diferentes espécies aviárias, destacando doses, eficácia e potenciais efeitos adversos, com o objetivo de otimizar protocolos anestésicos, minimizar riscos e maximizar o sucesso dos procedimentos, ressaltando a importância do tema para a medicina veterinária e a conservação das espécies.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram incluídos trabalhos que abordassem anestesia em aves, com fármacos administrados por via intravenosa, seja para indução ou manutenção anestésica. Trabalhos ressaltando a farmacodinâmica e farmacocinética dos principais medicamentos utilizados na indução e manutenção por via intravenosa e adjuvantes. Na falta de evidências sobre o uso de determinados fármacos na espécie aviária, estudos em outras espécies foram utilizados como modelo comparativo. Também foram incluídos trabalhos que utilizam fármacos anestésicos pela via intramuscular e intranasal, quando relevantes na anestesia de aves. Foram usados como critério de inclusão trabalhos publicados em inglês, português e espanhol, artigos de periódicos, disponíveis em formato completo, publicados entre 1990 e 2024. Foram excluídos trabalhos que abordassem apenas o uso de anestesia inalatória em aves. Publicações anteriores a 1990, além de resumos simples ou expandidos e boletins informativos.

As bases de dados consultadas para a pesquisa foram: PubMed, BSV Veterinária, Google Scholar, Science Direct, Springer Open.

As palavras-chave utilizadas com objetivo de refinar a busca foram: avian anesthesia; propofol in avian; anaesthesia intravenous propofol avian; total intravenous anesthesia; total intravenous anesthesia veterinary; alfaxalone avian; anesthetic adjuvant. Tais

palavras foram combinadas e adaptadas de acordo com as exigências de cada base de dados, a fim de garantir abrangência e relevância dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas 21 publicações que abordavam fármacos anestésicos usados por via intravenosa em aves. Os estudos incluíram diversas espécies aviárias, com foco nos principais fármacos intravenosos utilizados, suas doses, eficácia e potenciais efeitos adversos (Tabelas 1).

As espécies aviárias estudadas foram diversas em diferentes contextos clínicos e de pesquisa. Os estudos abrangeram desde aves de pequeno porte, como pombos e galinhas, até aves maiores, como avestruzes, cisnes e emas (Tabelas 1).

Diversos fármacos foram empregados por via intravenosa nestes estudos. Dentre eles, destacam-se o propofol (dez estudos) e a alfaxalona (sete estudos). Lidocaína, xilazina, cetamina, diazepam, midazolam, medetomidina e fentanil compõem a lista de fármacos avaliados, embora com menor representatividade. As doses administradas variaram consideravelmente, influenciadas por fatores como espécie, via de administração, combinação com outros fármacos e objetivo do procedimento (Tabelas 1).

Apenas doze estudos investigaram a ação isolada de um fármaco anestésico, fornecendo informações precisas sobre seus efeitos exclusivos. Grande parte dos estudos (16 de 20) também empregaram combinações de fármacos, visando otimizar o procedimento anestésico, minimizar efeitos adversos e promover uma recuperação suave.

O propofol (2,6-diisopropilfenol) é um anestésico geral não barbitúrico amplamente utilizado tanto para a indução quanto para a manutenção de anestesia. Suas características incluem uma rápida indução e recuperação, além de um metabolismo abrangente que ocorre tanto no fígado quanto em outros órgãos como rins, pulmões e intestino, o que contribui para sua rápida eliminação do organismo. Nas últimas três décadas, o propofol consolidou-se como o anestésico intravenoso mais utilizado globalmente e é considerado ideal para a Anestesia Total Intravenosa (TIVA) (Raffe, 2020; Ferrier et al, 2022; Lopes et al., 2024). Embora sua eficácia e segurança estejam bem estabelecidas em diversas espécies de mamíferos, com base em suas propriedades farmacodinâmicas e farmacocinéticas, há uma escassez de estudos documentando sua aplicação em aves (Hawkins et al., 2003) (Tabela 1). Um estudo conduzido com vinte cisnes-mudos (*Cygnus olor*) investigou a eficácia do propofol na indução anestésica, utilizando uma dose de 8 mg/kg. A pesquisa comparou duas técnicas de administração: infusão contínua a 0,8

mg/kg/min e doses intermitentes em bolus de 1 mg/kg. A indução anestésica, completada em 30 segundos, resultou em um início suave da anestesia, sem ocorrência de apneia ou excitação. Os parâmetros fisiológicos avaliados — frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura corporal e saturação de oxigênio — não apresentaram diferenças significativas entre os grupos. Contudo, o grupo que recebeu infusão contínua demonstrou um plano anestésico mais estável e de qualidade superior. Em contraste, o grupo de bolus necessitou de múltiplas doses em intervalos curtos, levando a despertares abruptos e complicações no manejo dos animais. Ambos os grupos exibiram sinais de leve excitação durante o despertar. Estes resultados sugerem que a infusão contínua de propofol oferece uma qualidade superior no plano anestésico para cisnes, sendo mais eficaz na manutenção da estabilidade anestésica (Müller et al., 2011).

Tabela 1: Dados sobre anestésicos intravenosos em diferentes espécies aviárias. As informações foram obtidas a partir de 16 artigos originais publicados entre 1990 e 2024, identificados nas bases de dados PubMed, BSV Veterinária, Google Scholar, Science Direct e Springer Open. A tabela reúne informações sobre os fármacos utilizados, suas doses, espécies estudadas, tempos de indução, duração da anestesia e efeitos adversos observados.

Fonte da Informação	Fármaco, Dose e Via de Administração	Tipo de Administração	Espécie Estudada	Efeitos do Fármaco (Eficácia)	Efeitos Adversos Observados
Fitzgerald e Cooper (1990)	Grupo I: Propofol - 14 mg/kg -IV Grupo II: Cetamina (20 mg/kg, IM) + (4,1 a 8,6 mg/kg, IV) Grupo III: Propofol (14 mg/kg, IV) + halotano (1,5%) em mistura de nitrous oxide/oxigênio (1:1)	Bolus	Pombos-domésticos (<i>Columba livia</i>)	Indução rápida e relaxamento muscular, duração curta (2-7 min); recuperação suave sem excitação.	Depressão respiratória severa em alguns casos; apneia transitória em 62% das doses incrementais; margem de segurança estreita.
Machin & Caulkett (1998)	Grupo I - Medetomidina (50 µg), Midazolam (2 mg), Cetamina (10 mg) – Intravenosa (bolus) Grupo II - Propofol - 10 mg (bolus) seguido de 1-4 mg a cada 5 min – Intravenosa	Bolus	Patos-reais (<i>Anas platyrhynchos</i>)	GI - Sedação profunda e analgesia por 20 minutos; reversão com atipamezole (250 µg) e flumazenil (25 µg). GII - Indução rápida e manutenção de um plano leve de anestesia por 30 minutos.	GI -Bradycardia severa, hipoxemia significativa, acidose respiratória, e óbito em 4 de 12 patos anestesiados. GII - Apneia após o bolus inicial; depressão respiratória significativa; necessidade de suporte ventilatório.
Machin & Caulkett (2000)	Grupo I - Propofol: 10 mg/kg IV para indução; 1–2 mg/kg IV bolus para manutenção Grupo II – Isoflurano; Indução: de 1% a 5%; Manutenção: de 1,5 a 3,5%.	Bolus e Infusão Contínua	Patos-fêmeas (<i>Aythya valisineria</i>)	Indução suave e rápida, boa recuperação; menor taxa de abandono do ninho comparado ao isoflurano (Grupo I).	GI - Depressão respiratória dose-dependente; excitação transitória. GII - Indução prolongada comparada ao propofol. Recuperação frequentemente marcada por lutas e estresse. Alta taxa de apneia durante a anestesia, exigindo ventilação artificial.

Fonte da Informação	Fármaco, Dose e Via de Administração	Tipo de Administração	Espécie Estudada	Efeitos do Fármaco (Eficácia)	Efeitos Adversos Observados
Hawkins et al. (2003)	Propofol - 4.48 ± 1.09 mg/kg (hawks), 3.36 ± 0.71 mg/kg (owls) IV para indução; 0.48 ± 0.06 mg/kg/min (hawks), 0.56 ± 0.15 mg/kg/min (owls) IV para manutenção	Bolus e Infusão Contínua (CRI)	Gavião-de-cauda-vermelha (hawks) (<i>Buteo jamaicensis</i>) e Coruja-grande-americana (Owls) (<i>Bubo virginianus</i>)	Indução suave e manutenção estável do plano anestésico leve; reflexos abolidos progressivamente; ventilação necessária para hipoventilação.	Hipoventilação com aumento de PaCO ₂ (30-45%), hipercapnia e acidose; sinais de excitação do SNC na recuperação (opistótonos e tremores musculares).
Ciboto et al. (2006)	Grupo I: MPA - Acepromazina (0,25 mg/kg IM); Indução: Propofol (4,0 mg/kg IV) Grupo II: MPA - Acepromazina (0,25 mg/kg IM); Indução: Cetamina (5,0 mg/kg IV) + Diazepam (0,25 mg/kg IV) Grupo III: MPA - Acepromazina (0,25 mg/kg IM); Indução - Tiletamina-zolazepam (3,0 mg/kg IV) Grupo IV: MPA - Xilazina (1,0 mg/kg IM); Indução: Cetamina (5,0 mg/kg IV) + Diazepam (0,25 mg/kg IV) Grupo V: MPA- Xilazina (1,0 mg/kg IM); Indução: Tiletamina-zolazepam (3,0 mg/kg IV)	Bolus	Avestruz (<i>Struthio camelus</i>)	Todos os protocolos resultaram em imobilização completa e relaxamento muscular; protocolos variaram no tempo de manutenção e recuperação.	G IV e V: Sedação moderada com Xilazina; efeitos adversos mínimos; qualidade da recuperação variou entre os grupos.
Müller et al. (2011)	Propofol (indução): 8 mg/kg IV; Manutenção em bolus:	Bolus Infusão Contínua (CRI)	Cisnes-mudos (<i>Cygnus olor</i>)	Indução rápida e suave; fácil intubação; manutenção por bolus	Recuperação abrupta; apneia transitória em 2 aves; sinais de

Fonte da Informação	Fármaco, Dose e Via de Administração	Tipo de Administração	Espécie Estudada	Efeitos do Fármaco (Eficácia)	Efeitos Adversos Observados
	2.9 mg/kg a cada 4 (1–8) minutos Propofol (manutenção CRI): 0,85 mg/kg/min IV			resultou em períodos curtos de anestesia profunda. (Bolos) Anestesia estável e adequada para procedimentos diagnósticos sem apneia; recuperação em 30 (18–50) minutos. (CRI)	excitação no SNC durante recuperação em 55% dos casos. (Bolos) Sinais transitórios de excitação no SNC (55% das aves). (CRI)
Araújo et al. (2013)	Propofol - 5 mg/kg - Intravenosa	Bolos	Emas (<i>Rhea americana americana</i>)	Indução anestésica em 2,48±0,6 minutos; Período hábil de anestesia de 2,98±0,8 minutos	Aumento na frequência cardíaca após administração;
Bigby et al. (2016)	MPA -Medetomidina (25 µg/kg) + Diazepam (0,38 mg/kg) IM Indução - Propofol - 3,7 mg/kg – IV Manutenção - Propofol - 0,1–0,3 mg/kg/min - Intravenosa (CRI)	Bolos; Infusão Contínua (CRI)	Pinguim-rei (<i>Aptenodytes patagonicus</i>)	Indução e recuperação rápidas, manutenção estável da anestesia sem efeitos cardiovasculares significativos.	Depressão respiratória prevenida por ventilação mecânica.
Santos et al. (2020)	Grupo I – Propofol (9 mg/kg IV) Grupo II – Propofol + Metadona (9 mg/kg IV + 6 mg/kg IM) Grupo III – Propofol + Nalbufina (9 mg/kg IV + 12.5 mg/kg IM) Grupo IV – Propofol + Fentanil (9 mg/kg IV + 30 µg/kg IV)	Bolos; Infusão Contínua (CRI)	Galinhas (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	todos os protocolos proporcionaram anestesia adequada para osteotomia da ulna. A combinação de propofol com metadona ou nalbufina reduziu a dose de propofol necessária para manutenção anestésica.	Hipercapnia (PE'CO ₂ > 60 mmHg) foi observada em todos os grupos, independentemente do protocolo anestésico utilizado. Não foram relatados outros efeitos adversos significativos.

Fonte da Informação	Fármaco, Dose e Via de Administração	Tipo de Administração	Espécie Estudada	Efeitos do Fármaco (Eficácia)	Efeitos Adversos Observados
Zendeboudi & Vesal (2024)	Grupo I - Propofol - 10 mg/kg/min (indução), seguido de 1.1 mg/kg/min (manutenção) – Intravenosa Grupo II - Cetamina - 5 mg/mL + Propofol - 5 mg/mL (combinados); 10 mg/kg/min (indução), seguido de 1.1 mg/kg/min (manutenção) – Intravenosa GIII - Isoflurano - 5% (indução), seguido de 2% (manutenção) - Inalatória	Infusão contínua	Galos Leghorn (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	GI - Anestesia mantida por 65 minutos; Variáveis cardiopulmonares clinicamente aceitáveis. GII - Anestesia mantida por 65 minutos; Dose de indução e manutenção de propofol reduzida significativamente (p=0.0001); Variáveis cardiopulmonares clinicamente aceitáveis. GIII - Anestesia mantida por 65 minutos; Variáveis cardiopulmonares clinicamente aceitáveis.	GII - Frequência cardíaca significativamente maior (p=0.0001); Frequência respiratória significativamente menor (p=0.0001). .
Cullen et al. (1995)	MPA - Xilazina: 1,13–1,85 mg/kg IV; indução - Alfaxalona-Alfadolona: 2,15 mg/kg IV	Bolus	Avestruzes (<i>Struthio camelus</i>)	Indução rápida e suave; plano anestésico adequado para intubação e manutenção com isoflurano.	Bradycardia leve no início da anestesia; apneia ocasional.
Bailey et al. (1999)	Alfaxalona-Alfadolona: 6,5–7,0 mg/kg IV	Bolus	<i>Grouse Demoiselle, Grouse-comuns e Grouse-coroa-oriental</i>	Indução rápida (13–26 segundos); sedação adequada para endoscopia; relaxamento muscular completo.	Apneia transitória; recuperação agitada em alguns casos.
Villaverde-Morcillo et al. (2014)	Grupo I – Isoflurano; Indução - 4–5%; Manutenção - 1,5–2%. Grupo II – Alfaxalona; Indução: 2 mg/kg, (IV); Manutenção: isoflurano concentrações menores que 1,5–2%	Bolus	Flamingos (<i>Phoenicopterus roseus</i>)	Indução mais rápida (1,7 ± 0,4 min) e suave; reduzida necessidade de isoflurano para manutenção (1,5–2%); recuperação mais tranquila.	Hipotermia leve e 19% com excitação leve.

Fonte da Informação	Fármaco, Dose e Via de Administração	Tipo de Administração	Espécie Estudada	Efeitos do Fármaco (Eficácia)	Efeitos Adversos Observados
Kruse et al. (2019)	Alfaxalona - 10 mg/kg IM e IV	Bolus	Patos (<i>Anas platyrhynchos</i>)	Sedação leve a moderada; duração curta (IV: 5 min); estabilidade cardiovascular e respiratória. A via IM resultou em efeitos sedativos mais duradouros. A via IV ofereceu indução rápida,	Recuperação hiperexcitável; tremores musculares e hipersensibilidade ao toque; sem efeitos hematológicos. A via IM não proporcionou profundidade anestésica adequada. A via IV proporcionou tempo anestésico mais curto e respostas adversas como movimentos espásticos.
Ono et al., 2023	Grupo I -Alfaxalona - 5 mg/kg – Bolus Grupo II - Alfaxalona - 10 mg/kg - Infusão contínua	Bolus Infusão contínua	Pinguins Gentoo (<i>Pygoscelis papua</i>)	GI - Indução anestésica eficaz; Manutenção estável da anestesia durante o procedimento GII- Indução rápida e manutenção prolongada da anestesia; Recuperação rápida	GI - Hipotensão leve observada em alguns indivíduos. GII- Bradicardia transitória em alguns indivíduos.
White e Martinez-Taboada, (2019)	Caso 1: Midazolam - 2 mg - IM Butorfanol - 4 mg - IM; Alfaxalona - 10 mg/kg - IV; Isoflurano – IN Caso 2: Midazolam - 3.8 mg - Intramuscular; Butorfanol - 1.9 mg - Intramuscular; Alfaxalona - 15	Bolus	Galinha (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	Indução anestésica permitindo intubação endotraqueal; Anestesia mantida com isoflurano.	Caso 1 - Excitação após dose inicial de 5 mg/kg de alfaxalona (rigidez de membros e dorsiflexão da cabeça e pescoço). Caso 2:Excitação após dose inicial de 5 mg/kg de alfaxalona (rigidez, bater de asas e dorsiflexão da cabeça e pescoço).

Fonte da Informação	Fármaco, Dose e Via de Administração	Tipo de Administração	Espécie Estudada	Efeitos do Fármaco (Eficácia)	Efeitos Adversos Observados
Mastakov et al. (2021)	Grupo I - Alfaxalona - 7.5 mg/kg - Intravenosa Grupo II - Butorfanol - 2 mg/kg - Intramuscular; Midazolam - 0.5 mg/kg - Intramuscular; Alfaxalona - 4	Bolus	Galinhas (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	G I - Indução anestésica permitindo intubação endotraqueal em 15 segundos (dose mínima eficaz); Duração da anestesia entre 51 segundos e 4 minutos e 45 segundos. G II - Indução anestésica permitindo intubação endotraqueal em 15 segundos (dose mínima eficaz com pré-medicação); Melhora na qualidade da indução e recuperação com pré-medicação;	G I -Hiperatividade durante indução e recuperação (frequência não especificada). G II - Hiperatividade durante indução e recuperação (frequência não especificada); Aumento significativo do tempo para ficar em pé e retornar a comportamentos normais após anestesia (P < .001).
Da Cunha et al. (2011)	Lidocaína - 2.5 mg/kg – Intravenosa Isoflurano 1,4 e 1,7%	Bolus	Galinhas (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	Estabilidade anestésica; Metabolismo rápido da lidocaína;	Não foram relatadas complicações anestésicas graves ou mortes durante o estudo, sugerindo que o protocolo foi bem tolerado pelas aves
Brandão et al. (2015)	Lidocaína - 6 mg/kg – Intravenosa Isoflurano 1,4 e 1,7%	Infusão em 2 minutos	Frangos de corte (<i>Gallus gallus domesticus</i>)	Não houve efeitos cardiovasculares clinicamente relevantes; estudo sugere segurança em doses superiores a 4 mg/kg.	Nenhum efeito adverso observado.
Pavez et al. (2011)	Fentanil – 20 µg/kg (IV) Isoflurano	Infusão contínua	Gaviões-de-cauda-vermelha (<i>Buteo jamaicensis</i>)	Redução da CAM do isoflurano em 31%, 44% e 55% para as concentrações plasmáticas de fentanil de 8, 16 e 32 ng/mL, respectivamente.	Sem alterações significativas na frequência cardíaca, pressão arterial sistólica, diastólica ou média. Redução significativa nos níveis de lactato plasmático com o aumento das concentrações plasmáticas de fentanil.

Fonte da Informação	Fármaco, Dose e Via de Administração	Tipo de Administração	Espécie Estudada	Efeitos do Fármaco (Eficácia)	Efeitos Adversos Observados
Hawkins et al. (2018)	Fentanil - Infusão IV para atingir concentrações plasmáticas de 8, 16 e 32 ng/mL Isoflurano	Infusão contínua	Papagaios-da-amazônia (<i>Amazona ventralis</i>)	Fentanil reduziu a necessidade de isoflurano em papagaios	Fentanil causou queda na pressão arterial e frequência cardíaca.

Estudos mostram uma ampla variação nas doses de propofol utilizadas para indução anestésica em diferentes espécies de aves (Tabelas 1). Em pombos, a dose média é de $14,49 \pm 2,91$ mg/kg (Fitzgerald & Cooper, 1990), enquanto em cisnes-mudos é de 8 mg/kg (Müller et al., 2011). Para falcões-de-cauda-vermelha, a dose é de $4,48 \pm 1,09$ mg/kg, e para corujas-de-chifre-grande, é de $3,36 \pm 0,71$ mg/kg (Hawkins et al., 2003). Em pinguins-rei, a dose utilizada é de 3,7 mg/kg (Bigby et al., 2016), e em patos-reais, é de 10 mg/kg (Machin & Caulkett, 1998; Machin & Caulkett, 2000). No caso de avestruzes, a dose é de 4 mg/kg (Ciboto et al., 2006), em emas, $5 \pm 0,8$ mg/kg (Araújo et al., 2013), e em frangos domésticos, 9 mg/kg (Santos et al., 2020). Essas doses foram eficazes para induzir inconsciência, facilitar a intubação orotraqueal após a perda do reflexo de deglutição, e minimizar estímulos nocivos. O propofol também proporciona uma indução rápida, segura e suave, além de ótimo relaxamento muscular (Fitzgerald & Cooper, 1990; Machin & Caulkett, 2000; Ciboto et al., 2006; Araújo et al., 2013).

A depressão respiratória é considerada o efeito colateral mais significativo do uso de propofol em contextos clínicos. Este anestésico atua no sistema nervoso central através da hiperpolarização neuronal mediada pelo complexo receptor GABA_A. Este complexo é um canal iônico ativado por ligante, fundamental na mediação dos efeitos do ácido gama-aminobutírico (GABA), o principal neurotransmissor inibitório do sistema nervoso central, especialmente presente no tronco encefálico (Jiang et al., 2021). No estudo realizado por Araújo et al. (2013), que investigou a indução anestésica em emas (*Rhea americana americana*) com uma dose de 5 mg/kg de propofol, não foram observados casos de apneia. Este resultado contrasta com outros estudos (Fitzgerald & Cooper, 1990; Machin & Caulkett, 1998; Müller et al., 2011; Santos et al., 2020), que relataram episódios de apneia em aves anestesiadas com propofol. Esta discrepância pode ser atribuída a diferentes metodologias, variações entre espécies, modelos experimentais distintos e doses utilizadas. Por exemplo, o trabalho de Guimarães et al. (2006) mostrou que o aumento na taxa de infusão de propofol intraósseo em pombos resultou em apneia.

Santos et al. (2020) observaram que a administração de doses elevadas de propofol no início da anestesia de frangos domésticos, por meio de infusão contínua, resultou em um aumento na concentração de dióxido de carbono ao final da expiração. No entanto, a redução da taxa de infusão associada à suplementação de oxigênio evitou a dessaturação das aves. Este achado contrasta com os resultados de Müller et al. (2011), que investigaram a anestesia de cisnes-mudos e observaram hipoxemia significativa. Nesse estudo, a saturação de oxigênio

(SpO₂) caiu drasticamente para valores entre 81% e 71% em ambos os grupos, independentemente de terem recebido propofol por bolus ou infusão contínua.

Estudos indicam que o uso de propofol em aves anestesiadas resulta em um aumento significativo na pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO₂) no sangue arterial, o que provoca uma queda no pH sanguíneo e leva à acidose respiratória (Machin & Caulkett, 1998). Apesar dessas alterações no equilíbrio ácido-base, o propofol não demonstrou impactar significativamente a frequência respiratória das aves. Para mitigar a depressão respiratória associada ao uso de propofol, os autores recomendam a suplementação de oxigênio. Em situações de apneia, é aconselhável a implementação de ventilação controlada (Fitzgerald & Cooper, 1990; Machin & Caulkett, 1998; Ciboto et al., 2006; Müller et al., 2011; Araújo et al., 2013; Santos et al., 2020).

Um estudo envolvendo gaviões-de-cauda-vermelha (*Buteo jamaicensis*) e corujas-de-chifres (*Bubo virginianus*) investigou os efeitos anestésicos, cardiopulmonares e farmacocinéticos do propofol administrado por infusão contínua. Durante o período de anestesia de 30 minutos, não foram observadas alterações clinicamente significativas na frequência cardíaca ou nas pressões arteriais sistólica, média e diastólica, indicando estabilidade hemodinâmica com este protocolo (Hawkins et al., 2003). Embora outros estudos também não tenham relatado alterações na frequência cardíaca ou pressão arterial (Ciboto et al., 2006; Santos et al., 2020), alguns trabalhos destacaram efeitos adversos como hipotensão, bradicardia, taquicardia e arritmias, incluindo contrações ventriculares prematuras e elevação da onda T no eletrocardiograma de aves anestesiadas com propofol (Fitzgerald & Cooper, 1990; Machin & Caulkett, 1998; Guimarães et al., 2006; Müller et al., 2011; Araújo et al., 2013; Bigby et al., 2016).

A taquicardia observada pode ser uma resposta compensatória à redução da pressão arterial induzida pelo fármaco. Neste cenário, os barorreceptores ativam mecanismos que aumentam a frequência cardíaca para manter o débito cardíaco adequado. Por outro lado, as arritmias podem surgir como reação à hipoxemia, hipercarbia e à liberação de catecolaminas, que afetam diretamente o miocárdio. É importante notar que algumas dessas alterações podem variar de forma inespecífica dependendo da espécie estudada (Müller et al., 2011; Araújo et al., 2013; Bigby et al., 2016).

A temperatura corporal, durante procedimentos anestésicos, é um fator crucial que demanda atenção. Embora estudos demonstrem que a anestesia com propofol não tenha impacto significativo na temperatura de aves (Hawkins et al., 2003; Ciboto et al., 2006; Araújo

et al., 2013), a relação entre dose, tempo e profundidade anestésica, massa corporal, perdas por incisão cirúrgica, trato respiratório e fluidoterapia, influenciam na termorregulação, especialmente em infusões contínuas. A anestesia geral, por sua vez, interrompe a termorregulação, resultando em alterações na temperatura corporal que afetam funções fisiológicas como coagulação, diapedese, oxigenação tecidual e risco de infecção da ferida cirúrgica (Fitzgerald & Cooper, 1990; Machin & Caulkett, 1998; Guimarães et al., 2006; Silva & Peniche, 2014; Santos et al., 2020). Portanto, a manutenção da normotermia durante o procedimento anestésico é essencial.

O tempo de recuperação anestésica em aves, utilizando propofol, varia conforme a espécie, metodologia, dose, via de administração e associações farmacológicas. Estudo com emas reportou recuperação em $7,85 \pm 2,2$ minutos (Araújo et al., 2013), enquanto em avestruzes foi de $17,6 \pm 6,05$ minutos (Ciboto et al., 2006). Em pinguins-rei, a recuperação ocorreu em 15 minutos (Bigby et al., 2016), em cisnes-mudos em 30 minutos (Müller et al., 2011), e em falcões-de-cauda-vermelha e corujas-de-chifres-grandes, respectivamente, em $49,7 \pm 19,7$ e $42,0 \pm 10,3$ minutos (Hawkins et al., 2003). Embora recuperações suaves, sem excitação central, sejam frequentemente descritas (Fitzgerald & Cooper, 1990; Machin & Caulkett, 1998; Machin & Caulkett, 2000; Araújo et al., 2013; Bigby et al., 2016), a literatura também registra recuperações turbulentas, com opistótono, excitação transitória do SNC e mioclonias (Hawkins et al., 2003; Müller et al., 2011; Santos et al., 2020).

A determinação precisa da dose ideal para cada paciente é crucial para minimizar efeitos adversos e otimizar a anestesia intravenosa total. A dificuldade em manter a concentração plasmática ideal de propofol em aves apresenta um desafio significativo para a expansão da TIVA com este fármaco. A variabilidade interespecies na resposta aos anestésicos, somada à complexidade farmacocinética e farmacodinâmica inerente às aves, reforça a necessidade de métodos de monitoramento precisos. Ferrier et al. (2022) revisaram as técnicas disponíveis para detecção da concentração sanguínea de propofol, desde métodos complexos e demorados, como Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) e espectrometria de massas, até alternativas mais rápidas, como as técnicas ópticas e eletroquímicas. Apesar da promessa de maior velocidade, estas últimas ainda enfrentam desafios em termos de sensibilidade e especificidade. O desenvolvimento de polímeros molecularmente impressos (MIPs) surge como uma possibilidade para aprimorar a especificidade na detecção de propofol. A pesquisa por um sistema de monitoramento em tempo real, automatizado e confiável é essencial para a implementação segura e eficaz da TIVA com propofol em diferentes espécies aviárias. A

ausência de um sistema desse tipo limita a aplicação generalizada da TIVA com propofol, restringindo seu uso a protocolos específicos e demandando maior atenção do anestesista para o monitoramento clínico do paciente.

A alfaxalona, formulada com 2-hidroxipropil- β -ciclodextrina, um derivado sintético de carboidratos sem histórico de reações alérgicas, atua como modulador alostérico positivo dos receptores GABA_A. Essa ação potencializa o efeito inibitório do GABA endógeno, aumentando a condutância de íons cloreto, hiperpolarizando a membrana pós-sináptica e inibindo a propagação do potencial de ação neuronal (Warne et al., 2015; Bellido & Vettorato, 2022).

A dose de alfaxalona necessária para indução anestésica em aves varia entre espécies. Flamingos requerem 2mg/kg (Villaverde-Morcillo et al., 2014), avestruzes 2,15mg/kg (Cullen et al., 1995), groux-comuns 6,5 – 7mg/kg (Bailey et al., 1999), patos-reais 10mg/kg (Kruse et al., 2019), e pinguins-gentoo $9 \pm 1,9$ mg/kg (Ono et al., 2023). Em galinhas, a dose varia entre 4 e 15mg/kg (White e Martinez-Taboada, 2019; Mastakov et al., 2021). Geralmente, a alfaxalona proporciona indução anestésica suave e eficaz, sem excitação neuronal. Contudo, em galinhas marrons (*Gallus gallus domesticus*), a dose intravenosa de 5mg/kg resultou em indução de baixa qualidade, com excitação, rigidez de membros e dorsiflexão de pescoço e cabeça, necessitando de ajuste posológico (White e Martinez-Taboada, 2019).

Em um estudo comparativo com flamingos (*Phoenicopterus roseus*) submetidos à cirurgia ortopédica, a indução anestésica intravenosa com alfaxalona demonstrou maior rapidez, suavidade e relaxamento muscular, comparada à indução por via inalatória. Além de reduzir a necessidade de isoflurano transoperatório, a alfaxalona minimizou os efeitos cardiorrespiratórios, mantendo frequência cardíaca e respiratória próximas aos valores basais (Villaverde-Morcillo et al., 2014).

Villaverde-Morcillo et al. (2014) observaram menor incidência de excitação durante a recuperação anestésica com alfaxalona intravenosa. Este resultado contrasta com o estudo de Kruse et al. (2019), que avaliou a farmacodinâmica e farmacocinética da alfaxalona em patos-reais (*Anas platyrhynchos*). Neste último, observou-se excitação, principalmente após administração intravenosa.

Kruse et al. (2019) avaliaram a farmacodinâmica e farmacocinética da alfaxalona, administrada em dose única, por via intramuscular ou intravenosa, em patos-reais (*Anas platyrhynchos*). Os resultados indicaram meia-vida de eliminação semelhantes (15-16 minutos) para ambas as vias, com sedação mais breve na via intravenosa. Os parâmetros cardiorrespiratórios permaneceram estáveis. No entanto, o curto tempo de sedação, observado

em ambas as vias, limita o uso da alfaxalona a procedimentos curtos e pouco invasivos em aves aquáticas, sugerindo a necessidade de ajustes posológicos, associações farmacológicas ou diferentes modalidades anestésicas para otimizar sua eficácia (Kruse et al., 2019).

Mastakov et al. (2021) demonstraram que a eficácia anestésica da alfaxalona em frangos domésticos está relacionada à dose e à pré-medicação. Frangos pré-medicados com butorfanol e midazolam necessitaram de doses menores (4 mg/kg) para indução anestésica, comparados aos não pré-medicados (7 mg/kg). A pré-medicação, embora tenha reduzido a dose e melhorado a qualidade da indução e recuperação, prolongou o tempo de recuperação total. Em pinguins-gentoo (*Pygoscelis papua*), a infusão contínua de alfaxalona a $0,3 \pm 0,08$ mg/kg/min manteve concentrações plasmáticas estáveis, sem alterações significativas na frequência cardíaca ou pressão arterial, demonstrando a segurança do fármaco para anestesia venosa nessa espécie (Ono et al., 2023).

A alfaxalona apresenta potencial como agente anestésico em aves, porém sua aplicação clínica requer considerações específicas quanto à espécie, dose e via de administração. Embora eficaz na indução anestésica com estabilidade cardiorrespiratória e recuperação suave em flamingos e pinguins-gentoo (Villaverde-Morcillo et al., 2014; Ono et al., 2023), limitações são observadas em patos-reais e galinhas marrons, particularmente com doses baixas ou administração isolada (Kruse et al., 2019; Mastakov et al., 2021). A variabilidade interespecies destaca a necessidade de estudos adicionais para otimizar protocolos anestésicos com alfaxalona.

A otimização da anestesia com alfaxalona em aves requer ajustes posológicos e consideração de associações farmacológicas. A alfaxalona também oferece vantagens sobre agentes inalatórios em algumas situações, como indução anestésica mais rápida e redução do consumo de isoflurano. Contudo, diferenças entre espécies, tempos de recuperação prolongados em alguns casos, e variações nos efeitos excitatórios durante a indução e recuperação mostram que seu uso deve ser cuidadosamente planejado (Villaverde-Morcillo et al., 2014; White e Martinez-Taboada, 2019; Mastakov et al., 2021). Futuros estudos devem investigar combinações farmacológicas e ajustes nas modalidades anestésicas para aprimorar a eficácia e segurança clínica da alfaxalona.

Técnicas de anestesia balanceada, como a associação de opioides em infusão contínua, visam reduzir a depressão cardiovascular e as concentrações necessárias de anestésicos gerais. Em papagaios-da-amazônia (*Amazona ventralis*), a infusão de fentanil, um agonista μ -opioide sintético, reduziu a CAM do isoflurano dose-dependentemente ($2,09 \pm$

0,17%, $1,45 \pm 0,32\%$, $1,34 \pm 0,31\%$ e $0,95 \pm 0,14\%$ para concentrações plasmáticas de fentanil de 0, 8, 16 e 32 ng/mL, respectivamente), porém com impacto hemodinâmico, reduzindo frequência cardíaca e pressão arterial (Hawkins et al., 2018). Em contraste, estudo similar com fentanil em falcões-de-cauda-vermelha demonstrou redução significativa da CAM do halogenado sem impacto hemodinâmico (Pavez et al., 2011). A variabilidade interespecies na resposta hemodinâmica à infusão de fentanil destaca a importância de estudos específicos para cada espécie.

A lidocaína, com propriedades analgésicas, anestésicas, antiarrítmicas e anti-inflamatórias, apresenta uso limitado em aves devido ao potencial tóxico. Estudos farmacocinéticos demonstram que a meia-vida da lidocaína intravenosa em aves é menor que em humanos, suínos, cães, gatos e coelhos (Da Cunha et al., 2012; Brandão et al., 2015). A dose máxima tradicionalmente recomendada em aves 4mg/kg, foi reavaliada por Brandão et al. (2015), que mostraram segurança de doses intravenosas de até 6mg/kg em galinhas. Este estudo expande as possibilidades terapêuticas da lidocaína em aves, com potencial para melhorar a analgesia e a qualidade anestésica.

Os anestésicos dissociativos, como a cetamina e a tiletamina, são caracterizados pela capacidade de induzir um estado de dissociação da consciência, acompanhado de analgesia e amnésia e podem ser utilizados tanto como anestésico principal quanto adjuvantes anestésicos. No entanto, esses agentes podem ocasionar rigidez muscular como efeito colateral. Zendehboudi e Vesal (2024) avaliaram a combinação de cetamina e propofol (1:1) para indução anestésica em galinhas Leghorn (*Gallus gallus domesticus*). Os resultados demonstraram redução nas doses de propofol necessárias para indução e manutenção da anestesia. A combinação também resultou em aumento da frequência cardíaca e redução da frequência respiratória, embora ambas as variáveis tenham permanecido dentro de parâmetros fisiológicos aceitáveis. Este estudo sugere que a combinação cetamina-propofol pode ser uma alternativa eficaz para a indução anestésica em galinhas, minimizando a dose de propofol e seus potenciais efeitos depressores cardiorrespiratórios. No entanto, mais estudos são necessários para avaliar a segurança e a eficácia a longo prazo dessa combinação.

Benzodiazepínicos são medicamentos extremamente úteis em anestésias de aves, ajudando a manter os pacientes calmos e seguros durante os procedimentos e minimizando os efeitos indesejáveis por reduzir a necessidade de anestésicos gerais. Um estudo com galinhas demonstrou que o uso de midazolam e butorfanol antes da anestesia facilita o processo e reduz o estresse das aves (White e Martinez-Taboada, 2019). Pesquisadores descobriram que

diazepam e medetomidina contribuíram para uma anestesia e recuperação suaves em pinguins (Bigby et al., 2016). Em avestruzes, o uso de diazepam e cetamina mostrou-se eficaz para uma boa anestesia (Ciboto et al., 2006). Machin e Caulkett (1998) demonstraram que o midazolam ajuda a manter a estabilidade cardíaca e pulmonar durante a anestesia em patos. Apesar desses resultados promissores, a diversidade de espécies e protocolos dificulta a generalização das conclusões, sendo necessários mais estudos para compreender melhor a atuação dos benzodiazepínicos em diferentes espécies de aves e tipos de anestesia.

Evidências indicam o potencial dos opioides para melhorar a anestesia e a recuperação em aves. Em galinhas, meperidina e nalbufina demonstraram efeito poupador de propofol, otimizando a TIVA e minimizando efeitos colaterais (Santos et al., 2020). O Butorfanol mostrou-se eficaz na pré-medicação anestésica, reduzindo o estresse e facilitando o manejo (White e Martinez-Taboada, 2019). Sua combinação com midazolam proporcionou contenção química segura em frangos domésticos (Mastakov et al., 2021). O Fentanil reduziu a CAM do isoflurano em gaviões-de-cauda-vermelha (Pavez et al., 2011) e papagaios-da-amazônia-hispaniolana (Hawkins et al., 2018), minimizando o risco de depressão cardiopulmonar. Entretanto, efeitos depressivos na frequência cardíaca e pressão arterial foram observados em papagaios com fentanil (Hawkins et al., 2018), demandando cautela e monitoração cardiovascular. Esses achados corroboram estudos prévios, demonstrando variabilidade interespecífica na resposta.

As fenotiazinas, principalmente a acepromazina, são frequentemente empregadas como pré-medicação anestésica em aves. Este fármaco exibe propriedades sedativas, ansiolíticas e antieméticas, facilitando o manejo e a indução anestésica, além de permitir a redução das doses de outros agentes anestésicos, minimizando seus efeitos adversos (Gunkel e Lafortune, 2005). Entretanto, seu potencial hipotensor requer cautela em pacientes com instabilidade cardiovascular, com ênfase na monitoração hemodinâmica e no ajuste preciso da dose (Gunkel & Lafortune, 2005; Ludders, 2015; Hawkins & Griffenhagen, 2022). De forma similar os agonistas alfa-2 adrenérgicos, como a xilazina e a medetomidina, desempenham um papel fundamental na anestesia aviária. A xilazina, apesar de sua eficácia como sedativo e analgésico, apresenta risco de bradicardia e hipotensão, necessitando de monitoração cardiovascular contínua e criteriosa (Gunkel & Lafortune, 2005). A medetomidina, um agonista alfa-2 mais potente, oferece a vantagem da reversibilidade com atipamezole, característica compartilhada com outros agonistas alfa-2, como a dexmedetomidina. Essa reversibilidade permite um controle mais preciso da sedação e favorece uma recuperação mais rápida e suave (Ludders,

2015). A eficácia e a segurança da medetomidina, especialmente em protocolos anestésicos combinados, são corroboradas por Hawkins e Griffenhagen (2022), que destacam sua relevância na analgesia perioperatória.

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

A anestesia total intravenosa (TIVA) em aves ainda é um campo incipiente, com a maioria dos estudos concentrando-se nos fármacos propofol e alfaxalona. A ampla diversidade de espécies aviárias dificulta a padronização de doses e protocolos anestésicos, reforçando a necessidade de individualização terapêutica. A combinação de fármacos, visando a anestesia balanceada, demonstra potencial para otimizar a analgesia, reduzir as doses individuais e minimizar os efeitos adversos. A TIVA surge como uma alternativa promissora, especialmente quando a anestesia inalatória é contraindicada. No entanto, o número limitado de estudos com determinadas espécies e fármacos restringe a generalização dos resultados.

A heterogeneidade dos estudos disponíveis limita as comparações diretas e a extrapolação dos achados. A escassez de pesquisas com certas espécies e classes farmacológicas limita o escopo das conclusões. Para aprofundar o conhecimento nesta área, são necessários estudos mais abrangentes, com maior número de animais, protocolos padronizados e avaliação de novas combinações de fármacos. Investigações farmacocinéticas e farmacodinâmicas específicas para as diferentes espécies aviárias são cruciais para o avanço do campo.

Na prática clínica, os resultados desta revisão devem ser aplicados com cautela, considerando as limitações metodológicas e a variabilidade interespecífica. Recomenda-se a consulta a múltiplas fontes de informação e a individualização da anestesia para cada paciente. A monitoração rigorosa dos parâmetros fisiológicos é fundamental para garantir a segurança e o bem-estar das aves. Esta revisão contribui como fundamento para o desenvolvimento de protocolos anestésicos mais seguros e eficazes, estimulando a pesquisa e a inovação em técnicas anestésicas em aves.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, K. S. M.; NUNES, T. L.; OLIVEIRA, M. G. C.; PAIVA, A. L. C.; OLIVEIRA, M. F.; PAULA, V. V. Uso do propofol na indução anestésica de emas (*Rhea americana americana*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 9, p. 1121-1124, set. 2013.

BAILEY, T. A.; TOOSI, A.; SAMOUR, J. H. Anaesthesia of cranes of alphaxalone/alphadalone. **The Veterinary Record**, v. 145, n. 3, p. 84-85, 1999.

BELLIDO, V. M.; VETTORATO, E. Clinical review of the pharmacological and anaesthetic effects of alfaxalone in dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 63, n. 5, p. 341-361, 2022.

BIGBY, S. E.; CARTER, J. E.; BAUQUIER, S.; BETHS, T. Use of Propofol for Induction and Maintenance of Anesthesia in a King Penguin (*Aptenodytes patagonicus*) Undergoing Magnetic Resonance Imaging. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 30, n. 3, p. 237-242, 2016.

BRANDÃO, J.; DACUNHA, A. F.; PYPENDOP, B.; STOUT, R.; NEVAREZ, J.; TULLY JR., T. N. Cardiovascular tolerance of intravenous lidocaine in broiler chickens (*Gallus gallus domesticus*) anesthetized with isoflurane. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 41, n. 1, p. 1-7, 2015.

CIBOTO, R.; CORTOPASSI, S. R. G.; LOPES, M. A. E.; CARVALHO, R. C.; BAITILO, C. G. Comparison of chemical restraint techniques in ostrich (*Struthio camelus*). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 2, p. 119-123, abr./jun. 2006.

CULLEN, L. K.; GOERKE, M. A.; SWAN, R. A.; CLARK, W. T.; NANDAPI, D.; COLBOURNE, C. Ostrich anaesthesia: xylazine premedication followed by alfaxalone/alphadolone and isoflurane. **Australian Veterinary Journal**, v. 72, n. 4, p. 153-154, 1995.

DACUNHA, A. F.; MENSAGEIRO, K. M.; STOUT, R. W.; BARKER, S. A.; NEVAREZ, J. G.; QUEIROZ-WILLIAMS, P.; TULLY JR., T. N. Pharmacokinetics of lidocaine and its active metabolite monoethylglycinexylidide after single intravenous administration in chickens (*Gallus domesticus*) anesthetized with isoflurane. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, v. 35, n. 6, p. 604-607, 2012.

FERRIER, D. C.; KIELY, J.; LUXTON, R. Propofol detection for monitoring of intravenous anaesthesia: a review. **J. Clin. Monit. Comput**, v. 36, n. 2, p. 315-323, 2022.

FITZGERALD, G.; COOPER, J. E. Preliminary studies on the use of propofol in the domestic pigeon (*Columba livia*). **Research in Veterinary Science**, v. 49, n. 3, p. 334-338, 1990.

GUIMARÃES, L. D.; NATALINI, C. C.; FLORES, F. N.; CAMARGO, S. F.; BOPP, S.; PIPPI, N. L. Avaliação de duas doses de propofol para infusão contínua em pombos domésticos. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 34, n. 3, p. 325-329, 2006.

HAWKINS, M. G.; PASCOE, P. J.; KNYCH, H. K. D.; DRAZENOVICH, T. L.; KASS, P. H.; SANCHEZ-MIGALLON GUZMAN, D. Effects of three fentanyl plasma concentrations on the minimum alveolar concentration of isoflurane in Hispaniolan Amazon parrots (*Amazona ventralis*). **American Journal of Veterinary Research**, v. 79, n. 6, p. 600-606, 2018.

HAWKINS, M. G.; WRIGHT, B. D.; PASCOE, P. J.; KASS, P. H.; MAXWELL, L. K.; TELL, L. A. Pharmacokinetics and anesthetic and cardiopulmonary effects of propofol in red-

tailed hawks (*Buteo jamaicensis*) and great horned owls (*Bubo virginianus*). **American Journal of Veterinary Research**, v. 64, n. 6, p. 677-683, jun. 2003.

JIANG, J.; JIAO, Y.; GAO, P.; YIN, W.; ZHOU, W.; ZHANG, Y.; LIU, Y.; WEN, D.; WANG, Y.; ZHOU, L. Propofol differentially induces unconsciousness and respiratory depression through distinct interactions between GABAA receptor and GABAergic neuron in corresponding nuclei. **Acta Biochimica et Biophysica Sinica**, v. 53, n. 8, p. 1076-1087, ago. 2021.

KRUSE, T. N.; MESSENGER, K. M.; BOWMAN, A. S.; AARNES, T. K.; WITTUM, T. E.; FLINT, M. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of alfaxalone after a single intramuscular or intravascular injection in mallard ducks (*Anas platyrhynchos*). **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, v. 42, n. 6, p. 713-721, 2019.

LOPES, M. G.; SILVA BARBIAN, A. L. da; TEODORO, A. N.; ROSADO, I. R.; BITTAR, J. F. F.; BITTAR, E. R.; ALVES, E. G. L. Seizure-like reactions induced by propofol in dogs: prevalence and clinical insight: Reações semelhantes a convulsões induzidas por propofol em cães: prevalência e visão clínica. **Concilium**, v. 24, n. 5, p. 482-491, 2024.

LUDDERS, J. W. Comparative Anesthesia and Analgesia of Birds. In: **LUMB & JONES' VETERINARY ANESTHESIA AND ANALGESIA**. 6. ed. John Wiley & Sons, 2015. cap. 43, p. 800-816.

MACHIN, K. L.; CAULKETT, N. A. Cardiopulmonary effects of propofol and a medetomidine-midazolam-ketamine combination in mallard ducks. **American Journal of Veterinary Research**, v. 59, n. 5, p. 598-602, 1998.

MACHIN, K. L.; CAULKETT, N. A. Evaluation of isoflurane and propofol anesthesia for intraabdominal transmitter placement in nesting female canvasback ducks. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 36, n. 2, p. 324-334, 2000.

MASTAKOV, A.; HENNING, J.; GIER, R. de; DONELEY, R. Induction of General Anesthesia With Alfaxalone in the Domestic Chicken. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 35, n. 3, p. 269-279, 2021.

MÜLLER, K.; HOLZAPFEL, J.; BRUNNBERG, L. Total intravenous anaesthesia by boluses or by continuous rate infusion of propofol in mute swans (*Cygnus olor*). **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 38, n. 4, p. 286-291, 2011.

ONO, K.; YAMASAKI, M.; ICHIJO, T.; SATOH, H. Effects of Alfaxalone on the Induction and Maintenance of Total Intravenous Anesthesia in Gentoo Penguins (*Pygoscelis papua*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 37, n. 1, p. 13-21, 2023.

PAVEZ, J. C.; HAWKINS, M. G.; PASCOE, P. J.; KNYCH, H. K. D.; KASS, P. H. Effect of fentanyl target-controlled infusions on isoflurane minimum anaesthetic concentration and cardiovascular function in red-tailed hawks (*Buteo jamaicensis*). **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 38, n. 4, p. 344-351, 2011.

RAFFE, M. R. Total Intravenous Anesthesia for the Small Animal Critical Patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 50, n. 6, p. 1433-1444, 2020.

SANTOS, E. A. R.; MONTEIRO, E. R.; HERRERA, J. R.; MOMBACH, V. S.; BOOS, M. Z.; GUTIERREZ, L. G.; ALIEVI, M. M. Total intravenous anesthesia in domestic chicken (*Gallus gallus domesticus*) with propofol alone or in combination with methadone, nalbuphine or fentanyl for ulna osteotomy. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 47, n. 1, p. 1-9, 2020.

SILVA, A. B. da; PENICHE, A. de C. G. Perioperative hypothermia and incidence of surgical wound infection: a bibliographic study. *Einstein*, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 513-517, 2014.

VILLAYERDE-MORCILLO, S.; BENITO, J.; GARCÍA-SÁNCHEZ, R.; MARTÍN-JURADO, O.; GÓMEZ DE SEGURA, I. A comparison of isoflurane and alfaxalone (Alfaxan) for the induction of anesthesia in flamingos (*Phoenicopterus roseus*) undergoing orthopedic surgery. *Journal of Zoo and Wildlife Medicine*, v. 45, n. 2, p. 361-366, 2014.

WARNE, L. N.; BETHS, T.; WHITEM, T.; CARTER, J. E.; BAUQUIER, S. H. A review of the pharmacology and clinical application of alfaxalone in cats. *The Veterinary Journal*, v. 203, p. 141-148, 2015.

WHITE, D. M.; MARTINEZ-TABOADA, F. Induction of anesthesia with intravenous alfaxalone in two ISA Brown chickens (*Gallus gallus domesticus*). *Journal of Exotic Pet Medicine*, v. 29, n. 1, p. 119-122, 2019.

YAN, Q.; LIANG, H.; YIN, H.; YE, X. Anesthesia-related postoperative oncological surgical outcomes: a comparison of total intravenous anesthesia and volatile anesthesia. A meta-analysis. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*, v. 18, n. 4, p. 612-624, 2023.

ZENDEHBOUDI, M.; VESAL, N. Comparison of cardiopulmonary effects of propofol, ketamine-propofol and isoflurane anesthesia in the domestic chicken (*Gallus gallus domesticus*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, v. 51, n. 5, p. 449-457, 2024.

Capítulo 2. IMPACTO DO SULFATO DE MAGNÉSIO ASSOCIADO OU NÃO AO PROPOFOL NA ANESTESIA DE POMBOS DOMÉSTICOS (*Columba livia*)

RESUMO

Intervenções veterinárias em aves frequentemente requerem anestesia geral, pois a contenção manual pode ser estressante e, em alguns casos fatal, o que reforça a importância da anestesia para segurança e bem-estar. A complexidade anatômica e fisiológica das aves demanda abordagens anestésicas específicas e a anestesia total intravenosa (TIVA) torna-se uma alternativa vantajosa. Este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos do sulfato de magnésio (MgSO_4) e do propofol na TIVA de pombos domésticos (*Columba livia*), visando um procedimento seguro e eficiente. Foram utilizados 21 pombos, divididos aleatoriamente em três grupos ($n = 7$). Todos os grupos receberam midazolam e butorfanol como pré-medicação. O grupo P recebeu infusão contínua de propofol. O grupo PM recebeu infusão contínua de propofol + MgSO_4 . O grupo M recebeu infusão contínua de MgSO_4 . O plano anestésico foi avaliado pela presença de reflexos. Os reflexos palpebral e interdigital foram ausentes ($p < 0,05$) nos grupos P e PM durante o transanestésico, indicando plano adequado. No grupo M, tais reflexos foram preservados, evidenciando que o MgSO_4 isolado não promoveu anestesia eficaz. Todos os grupos mantiveram o reflexo corneano, porém a resposta foi lenta nos grupos P e PM. Os protocolos P e PM, foram seguros para os pombos, mantendo as variáveis FC, FR e SpO_2 dentro da normalidade. No grupo M os animais não tiveram plano anestésico adequado além de manifestarem episódios de agitação e excitação. Apesar de não ter gerado hipotensão, o MgSO_4 resultou em queda na PAS ($p < 0,05$) no grupo PM e M, sugerindo possível efeito vasodilatador. No entanto sua adição permitiu a redução da dose e taxa de infusão do propofol, já que o uso isolado do hipnótico elevou os níveis de pCO_2 ($p < 0,05$), com queda significativa no pH nos grupos PM e M. Os valores de HCO_3^- aumentaram estatisticamente de forma compensatória. Todos os grupos avaliados apresentaram queda significativa na temperatura corporal. O momento da coleta pode ter influenciado nos níveis de lactato sérico em todos os grupos. Houve aumento significativo nos valores de glicose do grupo M em resposta a agitação/excitação manifestada. O propofol + MgSO_4 associados reduziram a concentração de iCa^{++} . Em resumo, o protocolo com propofol associado ao MgSO_4 é uma alternativa segura e eficaz para anestesia intravenosa em pombos.

Palavras-chave: Anestesia Total Intravenosa; Aves; Adjuvante Anestésico; Hipnótico.

INTRODUÇÃO

Com abundância no número de espécies, as aves ocupam espaço importante dentro da medicina veterinária. Além dos indivíduos de vida livre, muitas são mantidas como animais de estimação ou estão presentes em centros médicos veterinários, zoológicos ou em processo de reabilitação, onde frequentemente necessitam de cuidados médicos. As intervenções nesses animais podem variar desde exames simples até cirurgias complexas e frequentemente requerem anestesia. A contenção manual, além de estressante, pode causar lesões, reforçando a importância da anestesia para a segurança e o bem-estar (Longley, 2008; Ludders, 2015; Seamon; Hofmeister; Divers, 2017).

A anestesia em aves representa um desafio constante na medicina veterinária, principalmente em resposta as particularidades anatômicas e fisiológicas que diferem significativamente dos mamíferos. Essas diferenças exigem abordagens anestésicas específicas, considerando os sistemas cardiovascular e respiratório desses animais, que apresentam características singulares (Ludders, 2015; Rocha & Escobar, 2015). O pombo doméstico (*Columba livia*), amplamente utilizado como modelo experimental, sugerido para tal finalidade desde a Segunda Guerra Mundial, por suas características fisiológicas já documentadas, são animais utilizados em estudos de anestesia em aves, uma vez que a fisiologia cardiovascular e respiratória é semelhante à de outras espécies aviárias, podendo muitas vezes realizar extrapolação. São animais de fácil manejo e se adaptam rapidamente ao ambiente (Todorov, 2010; Serir et al., 2024).

Anestesias inalatória e dissociativa, apesar de usuais, apresentam limitações em procedimentos longos e em pacientes com pneumopatias, além do risco de exposição a gases residuais (Guimarães et al., 2006; Rocha & Escobar, 2015; Santos et al., 2020).

A anestesia total intravenosa (TIVA) surge como alternativa, oferecendo vantagens como menor risco de excitação pós-operatória, estabilidade hemodinâmica e menor exposição ocupacional. Entretanto, há escassez de estudos que abordem a TIVA em aves (De Oliveira et al., 2007; Raffè, 2020).

O propofol, com rápida indução e recuperação, destaca-se na TIVA, embora estudos em aves ainda sejam limitados (Hawkins et al., 2003; Raffè, 2020; Ferrier; Kiely; Luxton, 2022). Este fármaco apresenta indução suave, rápida e relaxamento muscular adequado em diversas espécies. Apesar de ser um fármaco com características ideais para a TIVA, o propofol é

responsável por causar depressão respiratória intensa e em alguns casos efeitos cardiovasculares importantes, relacionados principalmente a dose empregada. Logo, os adjuvantes anestésicos podem reduzir a manifestação de tais efeitos (Fitzgerald & Cooper, 1990; Machin & Caulkett, 2000; Ciboto et al., 2006; Araújo et al., 2013).

O sulfato de magnésio (MgSO_4) surge como adjuvante, com efeitos moduladores no Sistema Nervoso Central (SNC) e propriedades antinociceptivas (Derossi et al., 2012; Quiroga et al., 2017). Estudos em humanos, demonstraram sua capacidade de reduzir doses de anestésicos, promovendo estabilidade hemodinâmica (Filho, Sandes, Vieira et al., 2021; Bansal; Nayak; Jain, et al., 2023). Porém, a literatura ainda é escassa quanto à associação entre propofol e sulfato de magnésio em aves, especialmente em *Columba livia*.

Dada a necessidade de aprimorar os protocolos anestésicos em aves e o potencial do MgSO_4 como adjuvante, este estudo objetiva avaliar os efeitos do propofol e MgSO_4 , na TIVA em pombos domésticos (*Columba livia*). Para isso, foram analisados parâmetros relacionados à estabilidade hemodinâmica nos períodos pré, trans e pós-anestésico, bem como à ocorrência de efeitos adversos decorrentes do uso desses fármacos, uma vez que, até o momento não há padronização de doses nem dados conclusivos sobre os efeitos fisiológicos dessa combinação em pombos. Parte-se da hipótese que a associação entre os fármacos promove anestesia intravenosa segura e eficaz, com estabilidade hemodinâmica, menor incidência de efeitos adversos e melhor recuperação anestésica, em comparação ao uso isolado dos fármacos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Avaliar os efeitos do propofol e do MgSO_4 combinados e isolados na anestesia de pombos domésticos;
- Comparar a estabilidade hemodinâmica do propofol, propofol associado ao MgSO_4 e MgSO_4 isolado, no período pré, trans e pós-anestésico;
- Analisar a recuperação, estabilidade fisiológica e parâmetros hemogasométricos durante o período pós-anestésico
- Identificar possíveis efeitos adversos e impactos dos fármacos empregados sobre os animais estudados.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Hospital Veterinário da Uniube, seguindo as normas éticas do COBEA, após aprovação do Comitê de Ética em Experimentação Animal da Uniube (CEE-024/2024/Anexo 1).

ANIMAIS

Vinte e um pombos domésticos (*Columba livia*) obtidos de um criatório comercial, com idade entre 12 e 18 meses e peso médio de 300g, machos (n:12) e fêmeas (n:9), foram alojados aleatoriamente em viveiros (2,0 x 1,5 m) com feno e poleiros, em grupos de sete animais. Foram incluídos apenas animais hígidos, clinicamente saudáveis, com hemograma, ácido úrico, AST e albumina dentro dos parâmetros normais para a espécie, classificados como ASA I. Eles foram mantidos em temperatura ambiente, enriquecimento ambiental com tocas e ninhos, e fornecimento *ad libitum* de ração comercial para aves, quirera de milho e água. Os animais foram aclimatados por sete dias. No dia do experimento, receberam jejum alimentar e hídrico de 2 horas.

GRUPOS EXPERIMENTAIS

Os animais foram aleatoriamente divididos em três grupos (n=7 cada): **Grupo Propofol (P)**: Bolus de propofol (8 mg/kg; Propovan[®], Cristália, Itapira, Brasil) em 1 minuto, seguido de infusão contínua (0,8 mg/kg/min) durante 60 minutos. **Grupo Propofol + Magnésio (PM)**: Bolus de propofol (6 mg/kg; Propovan[®], Cristália, Itapira, Brasil) em 1 minuto e sulfato de magnésio a 10% (100 mg/kg; Samtec Ltda, Ribeirão Preto, Brasil) em 3 minutos, seguidos de infusão contínua de propofol (0,6 mg/kg/min) e sulfato de magnésio (350 mg/kg/h) durante 60 minutos. **Grupo Magnésio (M)**: Bolus de sulfato de magnésio a 10% (250 mg/kg; Samtec Ltda, Ribeirão Preto, Brasil) em 3 minutos, seguido de infusão contínua (500 mg/kg/h) durante 60 minutos. Para realização das infusões, foram utilizadas bombas de seringa (RS700 Vet - RZ EQUIPAMENTOS VETERINÁRIOS LTDA).

As doses do propofol utilizadas no estudo foram baseadas na literatura de Fitzgerald & Cooper (1990) e Guimarães et al. (2006) com adaptações. Já as doses do sulfato de magnésio foram obtidas por extrapolação alométrica de acordo com descrito por Freitas & Carregaro, (2013), refinadas e testadas em estudo piloto. No grupo PM a dose de propofol foi reduzida considerando o efeito adjuvante do MgSO₄, permitindo menor taxa de manutenção e redução de efeitos adversos. Dessa forma, a utilização de doses distintas entre os grupos reflete o próprio

objetivo experimental de avaliar o efeito do sulfato de magnésio como adjuvante, além de respeitar os princípios de segurança, eficácia e viabilidade clínica.

AVALIAÇÃO DAS VARIÁVEIS, PLANO E RECUPERAÇÃO ANESTÉSICA

Durante o experimento, os seguintes parâmetros foram avaliados nos momentos pré-anestésico (basal), após aplicação da pré-medicação, transanestésico (tempo 0 - indução, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos) e pós-anestésico (10, 20 e 30 minutos): temperatura cloacal ($T^{\circ}\text{C}$), frequência cardíaca (FC) e saturação de oxigênio (SpO_2) (monitor multiparamétrico SDA12B, SDAMED, Paulínia, SP, Brasil), pressão arterial sistólica (PAS) (Doppler vascular, DL-330, Delta Life, São José dos Campos, SP, Brasil) na asa esquerda, e frequência respiratória (FR) pelo método observacional.

Amostras de sangue venoso foram coletadas para hemogasometria (epoc[®] Analisador Hemogasometria – Siemens Healthineers, Ottawa, Canadá), analisando-se: pH - potencial hidrogeniônico; pCO_2 - pressão parcial de dióxido de carbono; HCO_3^- - Bicarbonato; Na^+ - Sódio; K^+ - Potássio; iCa^{2+} - Cálcio ionizado; Cl^- - Cloreto; Lac – Lactato e Glu – Glicose. Essa amostra hemogasométrica foi coletada no momento pré-anestésico, aos 30 minutos do transanestésico e aos 30 minutos do pós-anestésico.

Os animais receberam como pré-medicação, butorfanol (2 mg/kg, Butorfin[®], Vetnil, Louveira, SP, Brasil) e midazolam (2 mg/kg, Midazolam[®], Eurofarma, Itapevi, SP, Brasil), por via intramuscular (IM) no músculo peitoral esquerdo. Quinze minutos após a medicação pré-anestésica, os parâmetros FC, FR, PAS, $T^{\circ}\text{C}$ e SpO_2 foram reavaliados (momento "MPA").

A veia metatarsal medial direita foi cateterizada com catéter 26G (Healath, Harsoria Healthcare Pvt Ltd, Índia) para administração dos fármacos e fluidoterapia com Ringer Lactato (Eurofarma, Itapevi, SP, Brasil) a 3 mL/kg/h.

Cada grupo recebeu um bolus do respectivo fármaco, marcando o início da indução anestésica, seguida da infusão contínua por 60 minutos. Durante todo o experimento, os animais receberam suplementação de oxigênio a 100% foi fornecida via máscara facial. Em casos de apneia, os animais foram intubados (tubo endotraqueal nº 2 sem cuff, Haibreath, Shaoxing Haitech Medical Products Ltd, China) e ventilados manualmente (circuito Baraka) até a recuperação da respiração espontânea.

A profundidade do plano anestésico foi avaliada e monitorada por meio dos reflexos palpebral, interdigital e corneano, realizada a cada 10 minutos durante o período transanestésico, desde a indução até 60 minutos após o término da infusão.

Reflexo Palpebral: Avaliado tocando-se o canto medial da pálpebra. O fechamento imediato indicava um plano anestésico superficial, enquanto sua ausência sugeria uma profundidade anestésica ideal ou aumentada.

Reflexo Interdigital: A sensibilidade foi avaliada por meio do beliscão da prega interdigital, utilizando uma pinça hemostática fechada e mantida no espaço interdigital por dois segundos. A ocorrência de movimentos das asas ou flexão dos membros indicava preservação da sensibilidade, enquanto a ausência de resposta sugeria um nível adequado de profundidade anestésica.

Reflexo Corneano: Testado com um toque suave na córnea, utilizando algodão umedecido em solução salina. O piscamento imediato indicava plano superficial. Esse reflexo foi monitorado para verificar a redução da intensidade da resposta, indicando um plano anestésico adequado, mas sem depressão excessiva do sistema nervoso central indicada pela sua ausência.

Ao término das infusões, os animais foram monitorados por 30 minutos no período pós-anestésico, e os parâmetros acima mencionados, foram registrados.

Durante todo o período experimental, o aquecimento corpóreo foi realizado com WarmAir (WarmAir, Meditech Ltd, Shenzhen, China) em temperatura máxima de 43°C e foi mantido durante a indução, trans e pós-anestésico. Após 10 dias do término do experimento, a eutanásia foi realizada seguindo as diretrizes do Colégio Brasileiro para Experimentação Animal (COBEA) por inalação de isoflurano em câmara saturada.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três grupos: propofol, propofol + sulfato de magnésio e sulfato de magnésio. As variáveis FC, FR, T°C, SpO₂, PAS, pH, HCO₃⁻, pCO₂, Na⁺, K⁺, iCa²⁺, Cl⁻, lactato e glicemia foram testadas quanto à normalidade (Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov). Os dados foram submetidos à ANOVA one-way, e as médias comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK). As comparações foram realizadas entre os grupos em cada momento experimental e, dentro de cada grupo, em relação ao valor basal (pré-anestésico). Os dados de profundidade anestésica (reflexos palpebral, interdigital e corneano) foram avaliados pelo teste exato de Fisher. As análises foram conduzidas utilizando o software GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, EUA), com nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

REFLEXOS E PLANO ANESTÉSICO

Na avaliação dos reflexos palpebral e interdigital, os grupos P e PM apresentaram profundidade anestésica significativamente maior ($p < 0,05$) em comparação ao grupo M. No grupo P, 100% (7/7) dos animais apresentaram ausência dos reflexos palpebral e interdigital a partir de 10 minutos após a indução, estendendo-se até o final da infusão. No grupo PM, 85,7% (6/7) dos animais exibiram o mesmo padrão, com média de 13 minutos após a indução, persistindo até o término da infusão, e (1/7) 14,3% não apresentou perda de tais reflexos no mesmo padrão dos demais, mostrando uma discreta agitação. Em contraste, no grupo M, 100% (7/7) dos animais mantiveram os reflexos palpebral e interdigital durante todo o período de avaliação. O reflexo corneano foi preservado em 100% (21/21) dos animais ao longo do tempo de avaliação. No grupo M, foi demonstrado piscamento imediato, indicando plano superficial. Já nos grupos P e PM, o reflexo esteve presente, porém com resposta lenta indicando plano anestésico adequado.

PARÂMETROS CARDIORRESPIRATÓRIOS

A comparação da FC entre os grupos P, PM e M, em cada momento de avaliação (pré, MPA, indução, transanestésico e pós-anestésico) (Tabela 1 - Coluna) não revelou diferenças significativas. Na análise intragrupo (Tab. 1 - Linha), verificou-se que no grupo P e PM, não houve diferença significativa entre o momento basal (pré-anestésico) e os momentos subsequentes. No grupo M foi observada que a FC no momento pós – 30 minutos foi significativamente maior em relação ao momento pré ($p < 0,05$). Porém, os valores da FC permaneceram dentro do limite referenciado para espécie em todos os grupos (P, PM e M) ao longo do período experimental.

Não houve diferença significativa da PAS dos pombos na análise intergrupos nos momentos de avaliação (pré, MPA, indução, transanestésico 10, 20, 30, 40, 50, 60 minutos, (Tab. 1 - Coluna). Na análise intragrupo, a PAS foi significativamente menor ($p < 0,05$) no grupo PM aos 10, 30, 40, 50 e 60 minutos (transanestésico) em comparação ao basal (pré-anestésico). No grupo M, a PAS reduziu significativamente ($p < 0,05$) aos 20, 50 e 60 minutos (transanestésico) versus basal (Tab. 1 - Linha). Entretanto, os animais mantiveram-se normotensos de acordo com referenciado para espécie em todos os grupos, em todos os momentos avaliados.

Em relação a FR, não foram observadas diferenças significativas entre os grupos P, PM e M nos momentos pré, MPA, indução, transanestésico (10, 20, 30, 40, 50, 60 minutos) e pós-anestésico (10, 20, 30 minutos) (Tab. 1 - Coluna). A FR intragrupo não demonstrou diferença significativa nos momentos de avaliação em relação ao basal (Tab. 1 - Linha). Entretanto, no grupo P, 42,85% (3/7) dos animais apresentaram apneia após a indução e necessitaram de intubação e ventilação manual realizada com auxílio do circuito Baraka.

Tabela 1. Média e erro padrão dos parâmetros vitais de pombos domésticos (*Columba livia*) submetidos à anestesia total intravenosa (TIVA) com emprego de propofol (P), propofol + sulfato de magnésio (PM) e sulfato de magnésio isolado (M). As mensurações foram realizadas nos momentos: Pré-anestésico, MPA, Indução anestésica (tempo 0), a cada 10 minutos durante os 60 minutos do período transanestésico, e a cada 10 minutos durante 30 minutos do período de recuperação pós-anestésica.

Variável	Grupo	Pré (Média ± EP)	MPA (Média ± EP)	Indução (Média ± EP)	10 (Média ± EP)	20 (Média ± EP)	30 (Média ± EP)	40 (Média ± EP)	50 (Média ± EP)	60 (Média ± EP)	Pós 10 (Média ± EP)	Pós 20 (Média ± EP)	Pós 30 (Média ± EP)
FC (205 – 342 bpm)	P	218,4 ± 13,66	186,9 ± 15,80	197,3 ± 13,03	192,9 ± 16,55	187,3 ± 13,63	196,7 ± 13,56	207,7 ± 11,01	223,6 ± 15,89	209,4 ± 16,73	223,4 ± 15,61	225,0 ± 13,83	219,4 ± 20,80
	PM	225,1 ± 14,01	200,0 ± 12,61	200,0 ± 10,83	219,0 ± 10,53	209,7 ± 10,33	224,9 ± 8,35	238,3 ± 8,80	229,6 ± 11,35	248,6 ± 15,18	285,0 ± 11,61	264,7 ± 9,98	255,9 ± 12,06
	M	192,3 ± 25,96	208,0 ± 18,04	199,1 ± 15,99	212,6 ± 17,21	208,4 ± 16,16	230,1 ± 16,45	247,6 ± 13,43	252,3 ± 11,32	259,9 ± 9,66	259,7 ± 14,62	266,9 ± 13,45	273,7 ± 13,25*
PAS (127 ± 48,92 mmHg)	P	158,6 ± 5,53	150,0 ± 9,75	140,0 ± 4,88	140,0 ± 7,23	125,7 ± 4,28	122,9 ± 10,17	127,1 ± 6,44	122,9 ± 9,44	115,7 ± 6,49	133,6 ± 6,42	135,7 ± 6,11	145,0 ± 6,98
	PM	164,3 ± 6,49	144,3 ± 9,96	121,4 ± 9,36	118,6 ± 10,10*	112,1 ± 11,54	105,7 ± 4,28 *	107,1 ± 6,44 *	105,9 ± 5,93 *	104,3 ± 6,49 *	122,9 ± 11,28	131,4 ± 13,35	141,4 ± 11,00
	M	165,7 ± 5,71	144,9 ± 5,67	122,9 ± 6,44	121,4 ± 8,84	120,0 ± 8,72 *	121,4 ± 8,84	122,9 ± 9,44	118,6 ± 9,11 *	117,1 ± 8,65 *	134,3 ± 11,10	140,0 ± 10,41	152,1 ± 6,88
FR (28,00 ± 5,99 mpm)	P	56,86 ± 4,31	41,14 ± 4,67	43,43 ± 9,89	43,71 ± 9,34	41,43 ± 10,22	36,86 ± 12,83	32,86 ± 13,88	42,29 ± 13,60	37,14 ± 10,02	35,57 ± 8,29	38,43 ± 3,82	37,57 ± 4,90
	PM	47,86 ± 3,08	36,57 ± 2,81	43,43 ± 5,19	29,29 ± 3,96	26,86 ± 2,57	32,00 ± 1,95	26,29 ± 2,28	26,86 ± 2,85	28,00 ± 3,02	26,57 ± 1,98	24,71 ± 1,04	27,86 ± 1,12
	M	46,29 ± 4,52	32,29 ± 1,65	34,86 ± 4,91	29,14 ± 3,11	28,57 ± 2,95	26,86 ± 3,23	28,57 ± 3,42	28,86 ± 3,26	28,86 ± 2,38	31,14 ± 2,82	33,43 ± 3,64	37,71 ± 4,37

SpO₂ (96,83 ± 02,86 %)	P	96,71 ± 0,28	96,86 ± 0,34	98,71 ± 0,18 *	98,29 ± 0,28 *	98,71 ± 0,18 *	98,57 ± 0,20 *	98,57 ± 0,20 *	98,57 ± 0,20 *	98,43 ± 0,20 *	97,57 ± 0,36	96,71 ± 0,28	97,00 ± 0,30
	PM	96,86 ± 0,34	97,14 ± 0,34	98,71 ± 0,18 *	98,71 ± 0,18 *	98,57 ± 0,20 *	98,57 ± 0,20 *	98,43 ± 0,20 *	98,57 ± 0,20 *	98,57 ± 0,20 *	97,71 ± 0,35	96,71 ± 0,28	96,71 ± 0,28
	M	96,86 ± 0,34	97,14 ± 0,34	98,57 ± 0,20 *	98,57 ± 0,20 *	98,57 ± 0,20 *	98,43 ± 0,20 *	98,71 ± 0,18 *	98,71 ± 0,18 *	98,57 ± 0,20 *	97,00 ± 0,30	97,17 ± 0,34	96,57 ± 0,20
T (40,80 ± 0,91 °C)	P	41,99 ± 0,08	40,97 ± 0,16 *	40,09 ± 0,27 *	39,54 ± 0,28 *	39,11 ± 0,28	38,81 ± 0,26 *	38,03 ± 0,41 *	37,59 ± 0,36 *	37,29 ± 0,34 *	37,44 ± 0,37 *	37,47 ± 0,34 *	37,69 ± 0,30 *
	PM	42,01 ± 0,23	40,97 ± 0,13 *	39,69 ± 0,35 *	39,39 ± 0,36 *	39,16 ± 0,40	38,61 ± 0,38 *	38,44 ± 0,39 *	38,01 ± 0,30 *	37,77 ± 0,28 *	37,80 ± 0,23 *	37,71 ± 0,34 *	37,86 ± 0,39 *
	M	41,73 ± 0,17	40,57 ± 0,27	40,03 ± 0,30	39,50 ± 0,46 *	38,96 ± 0,58	38,57 ± 0,64 *	38,11 ± 0,62 *	37,46 ± 0,62 *	37,26 ± 0,65 *	37,07 ± 0,72 *	36,91 ± 0,54 *	36,86 ± 0,49 *

Médias seguidas de asterisco na linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$; Student-Newman-Keusl) dentro de cada grupo em relação ao momento basal. Os valores fisiológicos de referência apresentados entre parênteses são utilizados apenas para fins de comparação descritiva, sem aplicação de análise estatística com os dados obtidos. Fontes: (Guimarães et al., 2006; Omóbòwàlè et al., 2017)

Nenhuma variação estatisticamente significativa foi detectada na SpO₂ entre os grupos P, PM e M nos momentos avaliados (pré, MPA, indução, transanestésico e pós-anestésico) (Tab. 1 - Coluna). A análise intragrupo (Tab. 1 - Linha) revelou aumento significativo da SpO₂ ($p < 0,05$) durante a indução e o transanestésico (10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos) em comparação ao pré-anestésico, em todos os grupos.

TEMPERATURA

A temperatura corpórea (T °C) não variou de forma significativa entre os grupos P, PM e M em nenhum dos tempos avaliados (pré, MPA, indução, transanestésico e pós-anestésico) (Tab. 1 - Coluna). Na avaliação dentro de cada grupo (Tab.1 - Linha), observou-se queda significativa da temperatura ($p < 0,05$) em relação ao pré-anestésico. Nos grupos P e PM as diferenças foram significativas entre o momento pré (basal) e os tempos MPA, indução, transanestésico (10, 30, 40, 50 e 60 minutos) e pós-anestésico (10, 20 e 30 minutos) em relação ao basal. No grupo M as diferenças foram significativas entre o pré e os momentos transanestésico (10, 30, 40, 50 e 60 minutos) e pós-anestésico (10, 20 e 30 minutos).

HEMOGASOMETRIA (ÁCIDO-BASE)

Não houve diferença significativa do pH de pombos entre os grupos P, PM e M nos momentos avaliados (pré, MPA, indução, transanestésico e pós-anestésico) (Tab. 2 - Coluna). A análise intragrupo (Tab. 2 - Linha) mostrou redução significativa do pH ($p < 0,05$) no transanestésico (30 minutos) comparado ao basal (pré-anestésico) nos grupos PM e M. Não houve alteração no grupo P.

Tabela 2. Média e erro padrão dos parâmetros hemogasométricos (pH, pCO₂, HCO₃⁻, Lactato, Glicose, Na⁺, K⁺, iCa²⁺, Cl⁻) de pombos domésticos (*Columba livia*) submetidos à anestesia total intravenosa (TIVA) com emprego de propofol (P), propofol + sulfato de magnésio (PM) e sulfato de magnésio isolado (M). As mensurações foram realizadas nos momentos: Pré-anestésico, 30 minutos do período transanestésico e aos 30 minutos do período de recuperação pós-anestésica.

Variável	Grupo	Pré (Média ± EP)	Trans – 30 (Média ± EP)	Pós - 30 (Média ± EP)
pH (7,45 ± 0,02)	P	7,47 ± 0,01 ^A	7,30 ± 0,02 ^A	7,36 ± 0,03 ^A
	PM	7,48 ± 0,01 ^A	7,24 ± 0,05 ^{A*}	7,41 ± 0,04 ^A
	M	7,49 ± 0,01 ^A	7,34 ± 0,04 ^{A*}	7,38 ± 0,03 ^A
pCO ₂ (34,65 ± 2,43 mmHg)	P	30,30 ± 1,01 ^A	72,09 ± 5,44 ^{A*}	61,01 ± 8,66 ^A

	PM	34,23 ± 1,43 ^A	89,59 ± 14,58 ^{A*}	51,36 ± 10,48 ^A
	M	30,86 ± 1,70 ^A	60,67 ± 10,35 ^A	52,13 ± 4,74 ^A
HCO₃⁻ (22,91 ± 2,53 mmol/L)	P	23,03 ± 0,79 ^A	35,76 ± 1,00 ^{A*}	34,89 ± 2,09 ^{A*}
	PM	27,01 ± 1,00 ^A	35,87 ± 1,70 ^{A*}	32,49 ± 2,12 ^{A*}
	M	23,96 ± 0,79 ^A	32,77 ± 1,34 ^{A*}	30,63 ± 1,36 ^{A*}
Lactato (1,81 ± 0,59 mmol/L)	P	5,85 ± 0,76 ^A	1,66 ± 0,51 ^{A*}	4,10 ± 0,30 ^A
	PM	4,60 ± 0,72 ^A	0,92 ± 0,14 ^{A*}	4,61 ± 0,43 ^A
	M	5,35 ± 0,54 ^A	2,69 ± 0,47 ^{A*}	4,52 ± 0,68 ^A
Glicose (232 – 470 mg/dL)	P	366,7 ± 19,96 ^A	378,1 ± 10,32 ^A	352,0 ± 12,01 ^A
	PM	365,0 ± 7,31 ^A	367,3 ± 13,45 ^A	356,1 ± 14,86 ^A
	M	344,7 ± 10,65 ^A	423,4 ± 16,26 ^{A*}	488,6 ± 25,91 ^{B*}
Na⁺ (143 ± 0,64 mmol/L)	P	145,4 ± 1,04 ^A	142,9 ± 1,65 ^A	146,4 ± 1,13 ^A
	PM	145,4 ± 0,99 ^A	140,0 ± 1,09 ^A	145,3 ± 1,84 ^A
	M	145,7 ± 1,35 ^A	141,3 ± 1,59 ^A	143,9 ± 1,20 ^A
K⁺ (4,83 ± 0,15 mmol/L)	P	3,57 ± 0,35 ^A	5,04 ± 0,38 ^A	4,54 ± 0,24 ^A
	PM	3,54 ± 0,44 ^A	4,05 ± 0,61 ^{AB}	3,71 ± 0,29 ^A
	M	3,82 ± 0,24 ^A	3,04 ± 0,27 ^B	3,40 ± 0,23 ^A
iCa²⁺ (1,32 – 1,39 mmol/L)	P	1,31 ± 0,02 ^A	1,32 ± 0,04 ^A	1,33 ± 0,03 ^A
	PM	1,31 ± 0,02 ^A	1,25 ± 0,05 ^A	1,12 ± 0,04 ^{B*}
	M	1,30 ± 0,008 ^A	1,21 ± 0,02 ^A	1,21 ± 0,02 ^{AB}
Cl⁻ (108,5 ± 0,34 mmol/L)	P	113,7 ± 0,94 ^A	113,7 ± 0,77 ^A	112,7 ± 1,10 ^A
	PM	113,4 ± 1,64 ^A	109,6 ± 2,24 ^A	111,6 ± 1,17 ^A
	M	113,9 ± 1,55 ^A	112,1 ± 1,18 ^A	110,6 ± 2,01 ^A

Médias seguidas de letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$; Student-Newman-Keuls) entre os grupos; médias seguidas de asterisco na linha indicam diferença significativa ($p < 0,05$; Student-Newman-Keuls) dentro de cada grupo em relação ao momento basal.

Os valores fisiológicos de referência apresentados entre parênteses são utilizados apenas para fins de comparação descritiva, sem aplicação de análise estatística com os dados obtidos. Fontes: (Guimarães et al., 2006; Al-Gamal, 2014; Zigo et al., 2018; Powers & Stowe, 2020).

Não foram observadas diferenças significativas na $p\text{CO}_2$ entre os grupos P, PM e M durante o período pré, trans 30 minutos e pós-anestésico 30 minutos (Tab. 2 - Coluna). Na comparação intragrupo (Tab. 2 – Linha), observou-se aumento significativo da $p\text{CO}_2$ ($p < 0,05$) no transanestésico (30 minutos) comparado ao basal (pré-anestésico) nos grupos P e PM. Nenhuma variação significativa foi observada no grupo M.

Nenhuma variação estatisticamente significativa foi detectada no HCO_3^- entre os grupos nos momentos pré-anestésico, transanestésico 30 min e pós-anestésico 30 min (Tab. 2 -

Coluna). Na análise intragrupo (Tab. 2 - Linha) houve aumento significativo do HCO_3^- ($p < 0,05$) no transanestésico (30 min) e pós-anestésico (30 min) em relação ao basal (pré-anestésico) nos grupos P, PM e M.

HEMOGASOMETRIA (LACTATO E GLICOSE)

O lactato sérico não variou de forma significativa entre os grupos P, PM e M durante o período pré-anestésico, transanestésico 30 min e pós-anestésico 30 min (Tab. 2 - Coluna). Na avaliação dentro de cada grupo (Tab. 2 - Linha), observou-se queda significativa do lactato ($p < 0,05$) em relação ao pré-anestésico aos 30 minutos de transanestésico nos grupos P, PM e M.

A concentração sérica de glicose foi significativamente maior ($p < 0,05$) no grupo M quando comparado com os grupos P e PM pós-anestésico (30 min) (Tab. 2 - Coluna). Não houve diferenças significativas nos demais momentos. A análise intragrupo (Tab. 2 - Linha) revelou aumento progressivo e significativo ($p < 0,05$) da glicose no grupo M entre o pré-anestésico, o transanestésico (30 min) e o pós-anestésico (30 min). Os grupos P e PM não apresentaram alterações.

HEMOGASOMETRIA (ELETRÓLITOS)

A análise do Na^+ sérico não revelou diferenças significativas intergrupo nos momentos de avaliação (pré, trans 30 min e pós 30 min) nos grupos P, PM e M (Tab. 2 – Coluna) e nem intragrupo (Tab. 2 - Linha), comparando o momento pré-anestésico com transanestésico (30 min) e pós-anestésico (30 min).

A concentração de K^+ sérico foi significativamente menor ($p < 0,05$) nos pombos do grupo M quando comparado aos do grupo P no transanestésico (30 min) (Tab. 2 - Coluna). A análise intragrupo não mostrou alterações significativas entre os momentos pré-anestésico, transanestésico (30 min) e pós-anestésico (30 min) em nenhum dos grupos estudados (Tab. 2 - Linha).

No pós-anestésico (30 min), a concentração de iCa^{2+} foi significativamente menor no grupo PM comparado ao grupo P (Tab. 2 - Coluna). Na análise intragrupo somente o grupo PM apresentou redução significativa ($p < 0,05$) de iCa^{2+} no pós-anestésico (30 min) comparado ao basal (pré-anestésico) (Tab. 2 - Linha). Não houve alteração nos grupos P e M.

O cloreto (Cl^-) sérico não variou de forma significativa entre os grupos P, PM e M nos momentos avaliados (pré, trans 30 min e pós 30 min) (Tab. 2 – Coluna) e nem dentro de cada grupo quando comparado ao valor basal no pré-anestésico (Tab. 2 – Linha).

DISCUSSÃO

A associação entre propofol e sulfato de magnésio, mostrou-se segura para pombos domésticos (*Columba livia*), mantendo a frequência cardíaca, respiratória e saturação de oxigênio dentro de parâmetros fisiológicos aceitáveis. Embora o sulfato de magnésio não tenha induzido hipotensão grave, observou-se redução da pressão arterial sistólica em comparação ao uso exclusivo de propofol, sugerindo um possível efeito vasodilatador. O sulfato de magnésio, quando administrado isoladamente, promoveu leve sedação, porém acompanhada de episódios de agitação e excitação. A adição do propofol ao protocolo elevou os níveis de $p\text{CO}_2$, contribuindo para acidose respiratória.

No presente estudo, os reflexos para avaliação dos estágios da anestesia consistiram em palpebral, interdigital e corneano. No grupo P isolado, 100% dos animais apresentaram ausência de reflexos palpebral e interdigital a partir de 10 minutos pós-indução. No grupo PM que recebeu o propofol em dose reduzida associado ao sulfato de magnésio, 85,7% dos animais perderam os mesmos reflexos em 13 minutos do transanestésico. A preservação do efeito anestésico, mesmo com menor dose do hipnótico, reforça a ação adjuvante do MgSO_4 na potencialização do efeito propofol, contribuindo para a profundidade anestésica. Já no grupo M isolado, 100% dos animais mantiveram os reflexos palpebral e interdigital, confirmando que seu uso isolado não induz anestesia geral, mas pode atuar como coadjuvante. O reflexo corneano foi preservado em todos os grupos, embora com uma resposta mais lenta nos grupos P e PM.

De acordo com Lierz e Korbel (2012), em um plano anestésico adequado, a ave deve apresentar perda dos reflexos palpebral e interdigital, com bom relaxamento muscular e o reflexo corneano deve estar presente, porém com resposta diminuída. Tais parâmetros foram compatíveis com os observados nos grupos P e PM, indicando sua aplicação em protocolos anestésicos para pombos domésticos. Estudos sugerem que a presença do propofol no protocolo permite plano ideal para anestesia em aves dependendo da dose e espécie envolvida (Fitzgerald & Cooper, 1990; Hawkins et al., 2003; Muller et al., 2011). Apesar do sulfato de magnésio não ter promovido um plano anestésico adequado, sua adição ao protocolo reduziu a necessidade do propofol na indução e manutenção anestésica em 25%, assim como observado no estudo de Seriguelli et al. (2024), no qual a adição do fármaco em cães submetidos à orquiectomia reduziu a necessidade do propofol na indução e manutenção anestésica.

Os resultados da análise da FC sugerem que os efeitos dos fármacos investigados, isolados ou combinados, pouco diferem no contexto experimental e do momento de avaliação. Na comparação entre os grupos não foi observada nenhuma diferença significativa. A FC de pombos acordados varia de 205 a 342 batimentos por minutos (Omóbòwálè et al., 2017), e os valores de FC média encontrados no presente estudo não diferiram do momento basal. A estabilidade da FC observada nos grupos P e PM ao longo do período experimental, está em conformidade com o perfil farmacológico do propofol, uma vez que o fármaco pode reduzir a resistência vascular sistêmica o que pode gerar queda na pressão arterial, mas a FC permanece estável, o que gera equilíbrio hemodinâmico, sem expressão considerável do sistema nervoso autônomo simpático (Brussel et al., 1989). Estudos abordando o uso do propofol em aves, também não evidenciaram alterações significativas na variável (Hawkins et al., 2003; Ciboto et al., 2006; Santos et al., 2020).

No grupo M, houve um aumento significativo na FC no momento 30 min pós-anestésico em relação ao momento basal. Embora o sulfato de magnésio exerça efeito de inotropismo negativo na musculatura cardíaca, e prolongue o tempo de condução elétrica, ele também possui efeito vasodilatador na musculatura lisa por exercer efeito antagônico ao Ca^{++} , e tem sido associado à redução na enzima conversora de angiotensina (ECA) e à indução de bradicardia em cães e humanos (Nakaigawa et al., 1997; Gutiérrez-Román, Carrillo-Torres, Péres-Meléndez, 2022). No entanto, em resposta ao seu efeito vasodilatador e modulador da atividade simpática, esse aumento da FC no momento 30 min pós-anestésico em relação ao momento basal, não parece estar relacionado à sua ação farmacológica. Tal achado pode estar associado a quadros excitatórios que foram manifestados na maioria dos animais do grupo M na fase de recuperação anestésica.

Ao avaliar os resultados da PAS, os dados mostraram padrões distintos na análise intragrupo, evidenciando a influência dos protocolos na dinâmica pressórica dos pombos anestesiados. Os grupos PM e M apresentaram reduções significativas na pressão arterial no período transanestésico em comparação ao momento basal. Essa queda pode ser atribuída ao efeito vasodilatador do sulfato de magnésio, mediado por seu efeito antagônico aos canais de Ca^{++} na musculatura lisa. Além disso, o fármaco reduz a liberação de norepinefrina pela adrenal e em terminais adrenérgicos pós-sinápticos, podendo contribuir para queda da PAS. O magnésio facilita a síntese de prostaciclina e reduz a conversão enzimática da angiotensina, exibindo propriedades vasodilatadoras (Elsharnouby & Elsharnouby, 2006; Quiroga, Rojas, Cañuta, 2017; Gutiérrez-Román, Carrillo-Torres, Péres-Meléndez, 2022).

Mesmo com diminuição nos valores da PAS em 2 dos 3 grupos, todos os protocolos mantiveram esta variável dentro da normalidade comparado com animais em repouso (Lucitti & Hedrick, 2006). A associação do sulfato de magnésio ao propofol, gerou uma queda linear ao longo do período experimental na PAS. Esses achados reforçam a necessidade de considerar o sinergismo de ambos os fármacos no sistema cardiovascular, já que Guimarães et al. (2006), observaram hipotensão em pombos submetidos a infusão contínua de propofol.

Ainda que alguns animais do grupo P tenham apresentado apneia após a indução, reforçando o efeito depressor do hipnótico no sistema respiratório, principalmente em doses elevadas, a FR não apresentou diferença significativa nos protocolos utilizados, tanto na comparação intergrupos quanto intragrupos. Apesar de promover depressão respiratória, alguns trabalhos utilizando propofol na indução e manutenção de diferentes espécies de aves, demonstraram estabilidade na FR (Guimarães et al., 2006; Araújo et al., 2013; Santos et al., 2020). A utilização do sulfato de magnésio em aves foi descrita há muitos anos e tal formulação adicionada ao hidrato de cloral e pentobarbital já não está mais disponível comercialmente e os estudos não fornecem dados de variáveis fisiológicas (Graham-Jones, 1965; Fedde, 1978). Em gatas submetidas à ovariectomia, a infusão de $MgSO_4$ associada ao propofol e remifentanil, também não influenciou na FR (Conterno et al., 2025). Esse padrão de estabilidade sugere que os protocolos utilizados no presente trabalho não exerceram impacto significativo sobre a FR dos pombos anestesiados.

Os resultados da análise da SpO_2 , demonstraram um aumento significativo nos valores médios da variável durante a fase indução e transanestésico (10, 20, 30, 40, 50 e 60 min), independente do protocolo utilizado. Entre os grupos, nenhum fármaco isolado ou combinado exerceu influência diferente sobre a oxigenação periférica dos animais estudados. De acordo com Gunkel & Lafortune, (2005) e Grubb et al. (2020), em qualquer modalidade anestésica, ocorre depressão respiratória tanto em aves quanto em mamíferos e a suplementação de oxigênio é crucial, o que explica os achados do presente estudo, onde a administração suplementar de oxigênio durante a anestesia, independente do protocolo, aumentou os níveis da saturação periférica contribuindo para melhora na oxigenação tecidual.

Uma característica marcante do propofol é a depressão respiratória. Estudos mostraram queda na SpO_2 durante a anestesia de aves com o fármaco, porém os animais respiravam ar ambiente o que contribuiu para a redução da saturação periférica (Langlois et al., 2003; Muller et al., 2011). Entretanto, no presente trabalho, as aves receberam suplementação de oxigênio à 100% durante toda a fase indução e manutenção anestésica. Esses resultados são relevantes

para prática anestésica em aves, uma vez que o fornecimento de oxigênio durante a anestesia é fundamental para prevenir quadros de hipoxemia.

A temperatura corporal apresentou uma queda linear significativa durante o período experimental em todos os grupos avaliados, independente do protocolo utilizado. A avaliação de cada grupo isolado mostrou um declínio progressivo na variável comparado ao momento pré-anestésico, indicando que todos os fármacos foram capazes de influenciar negativamente a temperatura dos animais. Esses achados estão de acordo com a literatura, que aponta a hipotermia como uma complicação esperada na anestesia de aves, atribuída à sua alta taxa metabólica e uma pequena área corporal. Durante a anestesia, a atenuação do centro termorregulador associado à redução no metabolismo e diminuição da atividade muscular, faz com que haja maior perda de calor em relação a produção (Rembert et al., 2002; Journeaux, 2013; Gonzalez et al., 2024).

A ausência de diferenças significativas entre os grupos mostrou que independente dos fármacos utilizados, isolados ou combinados, foram vistos efeitos similares sobre a termorregulação dos pombos domésticos. O propofol por reduzir a resistência vascular sistêmica, pode induzir a dissipação de calor, contribuindo para hipotermia em procedimentos prolongados. Da mesma forma, o $MgSO_4$ potencializa a queda na temperatura por exercer ação vasodilatadora na musculatura lisa, o que promove uma redistribuição do sangue para periferia (Brussel et al., 1989; Gutiérrez-Román, Carrillo-Torres, Péres-Meléndez, 2022). Alguns trabalhos demonstraram redução na temperatura corporal de aves anestesiadas com propofol, com maiores impactos relacionados à dose, tempo e profundidade anestésica, logo, os autores recomendam o fornecimento de calor (Rembert et al., 2002; Langlois et al., 2003; Guimarães et al., 2006; Muller et al., 2011; Santos et al., 2020). Entretanto, na presente pesquisa, mesmo com o fornecimento de calor durante a anestesia, os animais tiveram redução de temperatura considerável.

No que se refere ao equilíbrio ácido-base, a análise do pH sanguíneo mostrou uma queda significativa durante o período transanestésico 30 min comparado ao momento basal, nos grupos PM e M. Essa diminuição nos valores está relacionada à depressão ventilatória gerada nos animais. Apesar da análise da FR não demonstrar alterações significativas, alguns animais do grupo propofol tiveram apneia após a indução e o padrão ventilatório tornou-se curto com redução da expansão da cavidade torácica nos grupos P e PM. Essas alterações contribuíram de maneira significativa para elevação nos níveis de pCO_2 aos 30 minutos do transanestésico comparado ao momento pré-anestésico.

Assim como visto em neste estudo, alguns autores encontraram aumento significativo na $p\text{CO}_2$, com queda no pH sanguíneo em aves anestesiadas com propofol (Machin & Caulkett, 1998; Guimarães et al., 2006). O propofol é responsável por reduzir a sensibilidade dos quimiorreceptores centrais ao CO_2 , reduzindo as respostas ventilatórias, o que pode predispor ao acúmulo de dióxido de carbono no sangue. Além disso, o fármaco é responsável por alterar o padrão respiratório, diminuindo a contribuição da cavidade torácica no volume corrente (Sahinovic, Struys & Absalom, 2018).

Resultados semelhantes foram relatados em outros estudos em cães, que também demonstraram redução no pH sanguíneo com uso do sulfato de magnésio em infusão contínua, mas tal achado parece não exercer correlação direta com o fármaco (Rioja et al., 2012; Seriguelli et al., 2024), o que ressalta a necessidade de pesquisas futuras sobre os efeitos a longo prazo da infusão de MgSO_4 no equilíbrio ácido-base.

Em relação aos valores de HCO_3^- , a avaliação entre os grupos não revelou diferenças significativas, indicando que o uso isolado ou combinado dos fármacos promove uma resposta metabólica semelhante, independente do protocolo utilizado. Contudo, o aumento significativo de HCO_3^- encontrado nos momentos transanestésico 30 min e pós-anestésico 30 min de cada grupo isolado, pode ser interpretado como uma resposta compensatória à acidose respiratória observada durante o período experimental, uma vez que organismo dispõe de mecanismos fisiológicos como sistema tampão para restaurar o equilíbrio ácido-base. Alguns autores também descreveram resultados similares como o aumento de HCO_3^- em resposta a hipoventilação e aumento de $p\text{CO}_2$, induzida pelo uso de propofol na anestesia de aves (Hawkins et al., 2003; Guimarães et al., 2006). Já o uso de sulfato de magnésio associado ao propofol, em cães, não mostrou alterações na variável (Seriguelli et al., 2024).

Na avaliação do lactato sérico entre os grupos P, PM e M, não foi observado nenhuma diferença significativa durante o período experimental. Tal achado sugere que a administração isolada ou combinada dos fármacos não exerceu influência sobre a variável. Por outro lado, a análise intragrupo mostrou redução significativa nos níveis de lactato entre o momento pré e o transanestésico 30 minutos, em todos os grupos. Os valores obtidos nesse estudo diferem da faixa de referência descrita por Powers & Stowe (2020), que encontraram valores mais baixos de lactato em pombos domésticos ($1,81 \pm 0,59$). Harms, Jinks & Harms (2016), demonstraram que o valor do lactato em aves pode variar significativamente dependendo do momento da coleta, sendo mais elevado imediatamente após a contenção, quando comparado às amostras coletadas após um período de descanso de aproximadamente

uma hora. O que difere do presente estudo, no qual a coleta da amostra foi realizada após 30 minutos em que os animais foram transportados para dentro do bloco cirúrgico, local onde foi realizado o experimento. Esse fato ressalta a importância do manejo adequado, uma vez que o estresse gerado pela contenção pode interferir nos resultados o que explica o aumento nos níveis da variável no momento basal. Estudos em outras espécies também identificaram aumento nas concentrações de lactato de animais não anestesiados, relacionado ao estresse e ao aumento na atividade muscular (Rand et al., 2002; Jung et al., 2019; Molinaro et al., 2022).

No presente estudo, a contenção dos animais durante a coleta no período pré-anestésico, provavelmente foi um fator potencial para elevação dos níveis de lactato desencadeado por uma resposta fisiológica ao estresse. Além disso, durante a recuperação os animais apresentaram padrão de agitação, caracterizado por intenso bater de asas, com um quadro de excitação mais evidente no grupo M. O conjunto de fatores provavelmente contribuíram para oscilação nos níveis de lactato, uma vez que houve um novo aumento na variável no momento pós-anestésico 30 minutos. O estresse estimula reações neuroendócrinas, como ativação do sistema nervoso adrenérgico e liberação de catecolaminas endógenas, promovendo inotropismo e cronotropismo positivo, vasoconstrição periférica, elevação da pressão arterial e aumento no consumo e demanda de oxigênio e energia celular (Franco et al., 2016).

No presente estudo, o grupo M apresentou aumento significativo nos níveis de glicose, tanto na comparação entre os grupos quanto na comparação intragrupo. Os valores de glicemia foram mais elevados no momento pós-anestésico 30 minutos em relação ao grupo P e ao grupo PM. Além disso, os níveis de glicose do grupo M nos tempos trans 30 min e pós 30 min foram superiores aos valores pré-anestésicos, indicando possível resposta ao estresse, uma vez que os animais do grupo M mostraram-se mais responsivos a estímulos, indicando escore leve de sedação, e um despertar mais agitado. Embora as aves apresentem fisiologicamente glicemias mais elevadas que mamíferos, essa elevação expressiva e pontual pode estar associada ao aumento da liberação de hormônios como adrenalina, cortisol e glucagon, comuns em situações de estresse (Harr, 2002; Marik & Bellomo, 2013; Zigo et al., 2018). A ausência de agentes hipnóticos no grupo M pode ter contribuído para maior resposta neuroendócrina ao estresse, refletindo-se na hiperglicemia observada.

Um outro ponto a ser considerado é a resposta individual ao estresse do manejo, que pode ter contribuído para aumentos transitórios nos níveis de lactato e glicose. A contenção

e manipulação podem ter desencadeado respostas neuroendócrinas ao estresse. A ambientação por um período mais prolongado antes da coleta das amostras poderia minimizar os efeitos.

Neste estudo, a avaliação dos eletrólitos (Na^+ , K^+ , iCa^{2+} , Cl^-) apresentou pequenas variações. Verificou-se queda significativa nos níveis de K^+ no grupo M em comparação ao grupo P no momento trans 30 min. Porém, nenhuma alteração significativa foi detectada na análise intragrupos ao longo do período experimental. Houve também, redução significativa no iCa^{2+} no grupo PM em comparação ao grupo P no momento pós-anestésico 30 min. Já na análise intragrupo, a redução do iCa^{2+} foi significativa apenas no grupo PM entre os momentos pré e pós-anestésico 30 min. Os valores de Na^+ e Cl^- permaneceram estáveis durante todo período experimental, tanto na análise intragrupo, quanto intergrupo, em todos os protocolos utilizados.

Os valores normais de sódio, potássio e cloreto para pombos são: $143 \pm 0,64$; $4,83 \pm 0,15$ e $108,5 \pm 0,34$ (mmol/L), respectivamente (Al-Gamal, 2014). No presente estudo, apesar da pequena redução nos níveis de potássio no grupo M, em comparação ao grupo P, no momento trans 30 min, os valores dos eletrólitos em todos os grupos, em todos os momentos avaliados, estão dentro do aceitável para a espécie.

Powers & Stowe (2020), descreveram que níveis de cálcio ionizado para pombos são de 1,32 a 1,39 mmol/L. Entretanto, no presente estudo, foram encontrados valores inferiores aos descritos acima no grupo PM nos momentos analisados. Tais achados podem ser decorrentes da ação farmacológica do sulfato de magnésio, uma vez que a hipermagnesemia transitória gera redução nas concentrações de cálcio por aumentar a depleção urinária do eletrólito, além de interferir na homeostase dos hormônios responsáveis pela regulação do cálcio como o PTH e calcitonina (Schumacher et al., 2021).

Embora o grupo M não tenha apresentado diferença estatística em relação aos grupos P e PM, os valores de iCa^{2+} permaneceram próximos ao limite inferior da faixa fisiológica, sugerindo uma tendência à redução do eletrólito.

Uma limitação desse estudo é a não mensuração do magnésio plasmático. Uma vez que sua interação com o cálcio é bem documentada na literatura e pode interferir na homeostase do eletrólito por meio da inibição de hormônios reguladores. A mensuração poderia esclarecer se a hipocalcemia teve relação direta com o fármaco.

Outro ponto a ser ressaltado como limitação, é a ausência de monitoramento contínuo da ventilação por meio da capnometria, uma vez que os animais não foram intubados. Essa limitação impediu a avaliação em tempo real da eliminação de CO_2 restringindo a interpretação detalhada da função respiratória ao longo do experimento.

CONCLUSÃO

Este estudo demonstra que o propofol, isoladamente ou em associação ao sulfato de magnésio, é seguro para anestesia intravenosa em pombos domésticos. O propofol eleva a pressão parcial de dióxido de carbono, exigindo monitoramento ventilatório rigoroso. A associação com sulfato de magnésio permite a redução da dose do hipnótico sem comprometer a estabilidade respiratória e cardiovascular, embora promova discreta redução da pressão arterial sistólica. O sulfato de magnésio, isoladamente, não induz anestesia adequada, consolidando seu papel como adjuvante. A combinação dos agentes representa uma alternativa viável para a prática anestésica nesta espécie.

REFERÊNCIAS

- AL-GAMAL, M. A. Blood biochemical profile of young and adult racing pigeons (*Columba livia domestica*) in Egypt. **Middle East Journal of Applied Sciences**, v. 4, n. 3, p. 528-538, 2014.
- ARAÚJO, K. S. M.; NUNES, T. L.; OLIVEIRA, M. G. C.; PAIVA, A. L. C.; OLIVEIRA, M. F.; PAULA, V. V. Uso do propofol na indução anestésica de emas (*Rhea americana americana*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 9, p. 1121-1124, 2013.
- BANSAL, S.; NAYAK, R.; JAIN, M.; SAVARN, S. Efficacy of intravenous infusion of magnesium sulphate in opioid free balanced general anaesthesia. **Indian Journal of Applied Research**, v. 13, n. 2, p. 70 – 72, 2023.
- BIGBY, S. E.; CARTER, J. E.; BAUQUIER, S.; BETHS, T. Use of Propofol for Induction and Maintenance of Anesthesia in a King Penguin (*Aptenodytes patagonicus*) Undergoing Magnetic Resonance Imaging. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 30, n. 3, p. 237-242, 2016.
- BRUSSEL, T.; THEISSEN, J.L.; VIGFUSSON, G. et al. Hemodynamic and cardiodynamic effects of propofol and etomidate: negative inotropic properties of propofol. **Anesthesia and Analgesia**, v.69, p.35-40, 1989.
- CIBOTO, R.; CORTOPASSI, S. R. G.; LOPES, M. A. E.; CARVALHO, R. C.; BAITELO, C. G. Comparison of chemical restraint techniques in ostrich (*Struthio camelus*). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 8, n. 2, p. 119-123, 2006.
- CONTERNO, G. B.; SILVA, T. L.; ROCHA, V. A.; SERIGHELLI JÚNIOR, G.; ROSA, L.; COMASSETTO, F.; GRIEBELER, L. B.; OLESKOVICZ, N. Magnesium sulfate and ketamine as analgesic and anesthetic adjuvants in total intravenous anesthesia in cats. **Ciência Rural**, v. 55, n. 1, 2025.

DEBUIGNE, M.; CHESNEL, A. M.; CHEBROUX, A. The analgesic effects of magnesium in veterinary patients: a qualitative evidence synthesis. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 51, n. 2, p. 115 – 125, 2024.

DE OLIVEIRA, F. A.; OLESKOVICZ, N.; DE MORAES, A. N. Anestesia total intravenosa em cães e gatos com propofol e suas associações. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 6, n. 2, p. 170-178, 2007.

DEROSSI, R.; POMPERMEYER, C. T.; SILVA-NETO, A. B.; BARROS, A. L.; JARDIM, P. H.; FRAZÍLIO, F. O. Lumbosacral epidural magnesium prolongs ketamine analgesia in conscious sheep. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 137- 143, 2012.

ELSHARNOUBY, N. M.; ELSHARNOUBY, M. M. Magnesium sulphate as a technique of hypotensive anaesthesia. **British Journal of Anaesthesia**, v. 96, n. 6, p. 727-731, 2006

FEDDE, M. R. Drugs Used for Avian Anesthesia: A Review. **Poultry Science**, v. 57, n. 5, p. 1376-1399, 1978.

FERRIER, D. C; KIELY, J; LUXTON, R. Propofol detection for monitoring of intravenous anaesthesia: a review. **Journal of Clinical Monitoring and Computing**, v. 36, n. 2, p. 315 – 323, 2022.

FILHO, S. E. S.; SANDES, C. S.; VIEIRA, J. E.; CAVALCANTI, I. L. Analgesic effect of magnesium sulfate during total intravenous anesthesia: randomized clinical study. **Brazilian Journal of Anesthesiology**, v. 71, n. 5, p. 550 – 557, 2021.

FITZGERALD, G.; COOPER, J. E. Preliminary studies on the use of propofol in the domestic pigeon (*Columba livia*). **Research in Veterinary Science**, v. 49, n. 3, p. 334 - 338, 1990.

FRANCO, R. P.; MASSUFARO, C. R.; MARTINELI, J.; GIROTTO, C. H.; HIROTA, I. N.; ZACHE, E.; HATAKA, A. Valores de lactato sérico e sua correlação com parâmetros clínicos de cães saudáveis, mensurados durante atendimento ambulatorial veterinário. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 6, p. 509-515, 2016.

FREITAS, G. C.; CARREGARO, A. B. Aplicabilidade da extrapolação alométrica em protocolos terapêuticos para animais selvagens. **Ciência Rural**, v. 43, n. 2, p. 297 - 304, 2013.

GOMES, D. R.; NICÁCIO, I. P. G. A.; CERAZO, L. M. L.; DOURADO, L.; TEIXEIRA NETO, F. J.; CASSU, R. N. Addition of magnesium sulfate to intraperitoneal ropivacaine for perioperative analgesia in canine ovariohysterectomy. **Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics**, v. 43, n. 4, p. 355 - 366, 2020.

GONZALEZ-JASSI, H. A.; CASTRO-CUELLAR, G.; TULLY Jr, T. N.; CREMER, J.; LIU, C. C.; QUEIROZ-WILLIAMS, P. Hypothermia and rewarming times during general anesthesia in Hispaniolan Amazon parrots (*Amazona ventralis*): A comparative study between isoflurane, sevoflurane and desflurane. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 51, n. 6, p. 613-620, 2024.

GRAHAM-JONES, O. Restraint and Anaesthesia of Small Cage Birds. **Small Animal Practice**, v. 6, p. 31-39, 1965.

GRUBB, T.; SAGER, J.; GAYNOR, J. S.; MONTGOMERY, E.; PARKER, J. A.; SHAFFORD, H.; TEARNEY, C. 2020 AAHA Anesthesia and Monitoring Guidelines for Dogs and Cats. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 56, n. 2, p. 59-82, 2020.

GUIMARÃES, L. D.; NATALINI, C. C.; FLORES, F. N.; CAMARGO, S. F.; BOPP, S.; PIPPI, N. L. Avaliação de duas doses de propofol para infusão contínua em pombos domésticos. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 34, n. 3, p. 325-329, 2006.

GUNKEL, C.; LAFORTUNE, M. Current Techniques in Avian Anesthesia. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 14, n. 4, p. 263-276, 2005.

GUTIÉRREZ-ROMÁN, C. I.; CARRILLO-TORRES, O.; PÉREZ-MELÉNDEZ, E. S. Uses of magnesium sulfate in anesthesiology. **Revista Médica del Hospital General de México**, v. 85, n. 1, p. 25-34, 2022.

HARMS, C. A.; JINKS, M. R.; HARMS, R. V. Blood gas, lactate, and hematology effects of venipuncture timing and location after mist-net capture of mourning doves (*Zenaida macroura*), boat-tailed grackles (*Quiscalus major*), and house sparrows (*Passer domesticus*). **Journal of Wildlife Diseases**, v. 52, n. 2s, p. S54-S64, abr. 2016.

HARR, K. E. Clinical chemistry of companion avian species: a review. **Veterinary Clinical Pathology**, v. 31, n. 3, p. 140-151, 2002.

HAWKINS, M. G.; WRIGHT, B. D.; PASCOE, P. J.; KASS, P. H.; MAXWELL, L. K.; TELL, L. A. Pharmacokinetics and anesthetic and cardiopulmonary effects of propofol in red-tailed hawks (*Buteo jamaicensis*) and great horned owls (*Bubo virginianus*). **American Journal of Veterinary Research**, v. 64, n. 6, p. 677-683, 2003.

JOURNEAUX, M. Peri-operative hypothermia: implications for practice. **Nursing Standard**, v. 27, n. 45, p. 33-38, 2013.

JUNG, A.; JUNG, H.; CHOI, Y.; COLEE, J.; WICKENS, C.; LEE, J.-W.; YOON, M. Frequent riding sessions daily elevate stress, blood lactic acid, and heart rate of thoroughbred riding horses. **Journal of Veterinary Behavior**, v. 32, p. 1-5, 2019.

LANGLOIS, I.; HARVEY, R. C.; JONES, M. P.; SCHUMACHER, J. Cardiopulmonary and Anesthetic Effects of Isoflurane and Propofol in Hispaniolan Amazon parrots (*Amazona ventralis*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 17, n. 1, p. 4 – 10, 2003.

LIERZ, M.; KORBEL, R. Anesthesia and Analgesia in Birds. **Journal of Exotic Pet Medicine**, v. 21, n. 1, p. 44 - 58, 2012.

LUCITTI, J. L.; HEDRICK, M. S. Characterization of baroreflex gain in the domestic pigeon (*Columba livia*). **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 143, p. 103-111, 2006.

LONGLEY, L. Avian anaesthesia. In: GRAHAM, J. E. (ed.). *Anaesthesia of exotic pets*. Londres: Saunders Elsevier, 2008. p. 129–170. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-7020-2888-5.50010-1>.

LUDDERS, J. W. Comparative Anesthesia and Analgesia of Birds. In *Veterinary Anesthesia and Analgesia: The Fifth Edition of Lumb and Jones* (pp. 800-813). **John Wiley & Sons, Inc.** 2015.

MACHIN, K. L.; CAULKETT, N. A. Cardiopulmonary effects of propofol and a medetomidine-midazolam-ketamine combination in mallard ducks. **American Journal of Veterinary Research**, v. 59, n. 5, p. 598-602, maio 1998.

MACHIN, K. L.; CAULKETT, N. A. Evaluation of isoflurane and propofol anesthesia for intraabdominal transmitter placement in nesting female canvasback ducks. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 36, n. 2, p. 324-334, abr. 2000.

MARIK, P. E.; BELLOMO, R. Stress hyperglycemia: an essential survival response! **Critical Care**, v. 17, n. 2, p. 305, 2013.

MOLINARO, H. G.; ANDERSON, G. S.; GRUNY, L.; SPEROU, E. S.; HEARD, D. J. Use of Blood Lactate in Assessment of Manual Capture Techniques of Zoo-Housed Crocodilians. **Animals**, v. 12, n. 3, p. 397, 2022.

MÜLLER, K.; HOLZAPFEL, J.; BRUNNBERG, L. Total intravenous anaesthesia by boluses or by continuous rate infusion of propofol in mute swans (*Cygnus olor*). **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 38, n. 4, p. 286–291, 2011.

NAKAIGAWA, Y.; AKAZAWA, S.; SHIMIZU, R.; ISHII, R.; IKENO, S.; INOUE, S.; YAMATO, R. Effects of magnesium sulphate on the cardiovascular system, coronary circulation and myocardial metabolism in anaesthetized dogs. **British Journal of Anaesthesia**, v. 79, p. 363-368, 1997.

OMÓBÒWÁLÉ, T. O.; ESAN, O. O.; ADEJUMOBI, O. A.; OLADELE, O. A. Six-Lead Electrocardiographic Studies of the Pigeon (*Columba livia*) in Nigeria. **African Journal of Biomedical Research**, v. 20, n. 3, p. 273-276, 2017.

POWERS, L. V.; STOWE, D. M. Pigeons and doves. In: HEATLEY, J. J.; RUSSELL, K. E. (Eds.). **Exotic Animal Laboratory Diagnosis**. 1st ed. John Wiley & Sons, Inc., p. 543-558, 2020.

QUIROGA, A. L.; ROJAS, U, A.; CAÑUTA, F. P. Evaluación del efecto analgésico del sulfato de magnesio en gatas domésticas (*felis catus*), sometidas a ovariosterectomía. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria**, v. 18, n. 12, p. 1-9, 2017.

RAFFE, M. R. Total Intravenous Anesthesia for the Small Animal Critical Patient. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, v. 50, n. 6, p. 1433–1444, 2020.

RAND, J. S.; KINNAIRD, E.; BAGLIONI, A.; BLACKSHAW, J.; PRIEST, J. Acute stress hyperglycemia in cats is associated with struggling and increased concentrations of lactate and norepinephrine. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 16, n. 2, p. 123-132, 2002.

REMBERT, M.; SMITH, J.; PETTIFER, G.; HOSGOOD, G.; MARKS, S.; TULLY, T. Comparison of traditional thermal support with the forced-air warmer system in Hispaniolan Amazon parrots (*Amazona ventralis*). **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 29, n. 2, p. 110-111, 2002.

RIOJA, E.; DZIKITI, B. T.; FOSGATE, G.; GODDARD, A.; STEGMANN, F. G.; SCHOEMAN, J. P. Effects of a constant rate infusion of magnesium sulphate in healthy dogs anaesthetized with isoflurane and undergoing ovariohysterectomy. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 39, n. 2, p. 110-120, 2012.

ROCHA, R. W.; & ESCOBAR, A. Anestesia em Aves (*Anesthesia in Birds*). **Revista Investigação Medicina Veterinária**, v. 14, n. 2, p. 1 – 9, 2015.

SAHINOVIC, M. M.; STRUYS, M. M. R. F.; ABSALOM, A. R. Clinical pharmacokinetics and pharmacodynamics of propofol. **Clinical Pharmacokinetics**, v. 57, n. 12, p. 1539-1558, 2018.

SANTOS, E. A. R.; MONTEIRO, E. R.; HERRERA, J. R.; MOMBACH, V. S.; BOOS, M. Z.; GUTIERREZ, L. G.; ALIEVI, M. M. Total intravenous anesthesia in domestic chicken (*Gallus gallus domesticus*) with propofol alone or in combination with methadone, nalbuphine or fentanyl for ulna osteotomy. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 47, n. 1, p. 1-9, 2020.

SCHUMACHER, S. A.; KAMR, A. M.; LAKRITZ, J.; BURNS, T. A.; BERTONE, A. L.; TORIBIO, R. E. Effects of intravenous magnesium sulfate on serum calcium-regulating hormones and plasma and urinary electrolytes in healthy horses. **PLoS ONE**, v. 16, n. 6, p. e0247542, 2021.

SEAMON, A. B.; HOFMEISTER, E. H.; DIVERS, S. J. Outcome following inhalation anesthesia in birds at a veterinary referral hospital: 352 cases (2004–2014). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 251, n. 7, p. 814–817, 2017.

SERIGHELLI, G. J.; COMASSETTO, F.; CONTERNO, G. B.; SOUZA, J. V.; FERREIRA, W. S.; GRIEBELER, L. B.; OLESKOVICZ, N. The effect of intravenous magnesium sulphate infusion on total intravenous anesthesia with propofol in adult dogs: A randomized, blinded trial. **Veterinary Anaesthesia and Analgesia**, v. 51, n. 6, p. 613-620, 2024.

SERIR, A.; TUFF, J. M.; TORRE, N.; FONGARO, E.; SCHREIBER, T.; PEUS, E.; GÜNTÜRKÜN, O.; MANAHAN-VAUGHAN, D.; ROSA, J.; PUSCH, R. Balanced anesthesia in pigeons (*Columba livia*): a protocol that ensures stable vital parameters and feasibility during long surgeries in cognitive neuroscience. **Frontiers in Physiology**, v. 15, p. 1 -12, 2024.

TODOROV, J. C. O pombo como sujeito na análise do comportamento. **Psicologia IESB**, v. 2, n. 1, p. 129-134, 2010.

ZIGO, F.; ONDRÁŠOVIČOVÁ, S.; TAKÁČ, L.; FARKAŠOVÁ, Z.; ZIGOVÁ, M.; TAKÁČOVÁ, J. Enzyme activity and biochemical parameters in racing pigeons (*Columba livia domestica*) during flight effort. **International Journal of Avian & Wildlife Biology**, v. 3, n. 6, p. 457-460, 2018.

Anexo I

Comitê de Ética em Experimentação Animal



Ofício CEEA-024/2024

Uberaba, 25 de setembro de 2024

Ilmo. Prof.

ENDRIGO GABELLINI LEONEL ALVES

Assunto: Encaminha processo nº 024/2024, sobre o protocolo de pesquisa: *"Impacto do propofol e sulfato de magnésio, isolados e combinados, na anestesia de pombos domésticos (columba livia)"*.

Prezado (a) Professor(a),

Em resposta a sua solicitação, informo que o protocolo acima referido foi submetido a avaliação do CEEA-UNIUBE, em reunião no dia 25/09/2024, sendo considerado **aprovado**.

Atenciosamente,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jany F. Bittencourt".

Prof. Jany F. Figueiredo Bittencourt

Coordenadora do CEEA-UNIUBE