# EVOLUÇÃO ANATÔMICA E A CAPACIDADE DE VOAR DAS AVES MODERNAS – REVISÃO DE LITERATURA

OLIVEIRA JÚNIOR, Paulo Roberto¹\*; PEREIRA, Manoela Rezende²\* DAS CHAGAS, Camila Fernanda3\*

*¹Graduando em Medicina Veterinária, UNIPAC – Conselheiro Lafaiete, MG, ²Graduanda em Medicina Veterinária, UNIPAC – Conselheiro Lafaiete, MG, 3Médica Veterinária e docente do curso de Medicina Veterinária, UNIPAC – Conselheiro Lafaiete, MG.* [*\*E-mail:*](mailto:%20izabellacruz17.ic@gmail.com) [*camila.chagas@unipac.br*](mailto:camila.chagas@unipac.br)

# RESUMO: As aves modernas apresentam diferentes características anatômicas e morfológicas que resultam em diferentes habilidades e comportamentos. São vários os eventos e evidências evolutivas que explicam as disparidades adaptativas, como morfologia e histologia óssea e forma muscular, os quais, por sua vez, determinam a habilidade ou não de voar. O objetivo dessa revisão de literatura foi buscar melhor compreender tais diferenças e os fatores que nelas culminaram, a partir de buscas feitas nas bases de dados SciElo e PubMed, a partir das palavras-chaves "Birds"; "Anatomy", "Wings", "Evolution" e "Keel", combinadas pelo operador boleano “AND”, nos idiomas português e inglês. Concluiu-se que seriam as características ósseas, em especial a forma do esterno, as principais responsáveis por ditar tal fisiologia.

**Palavras – chave:** anatomia, asas, aves, evolução, quilha

# INTRODUÇÃO

As diferentes propriedades anatômicas e morfológicas entre aves voadoras e aves aquáticas de mergulho resultam em diferentes habilidades e comportamentos. Entre elas incluem-se disparidades ósseas, musculares, cutâneas e respiratórias. (Lowi-Merri et al, 2021). O objetivo dessa revisão da literatura foi melhor compreender tais diferenças e os fatores que nelas culminaram. Para isso, foram feitas buscas nas bases de dados SciElo e PubMed, a partir das palavras-chaves "Birds"; "Anatomy", "Wings", "Evolution" e "Keel" combinadas pelo operador boleano “AND”, nos idiomas português e inglês. Para exemplificar essa diversidade, foram abordadas espécies distintas e foram consideradas as diferenças ósseas e funções fisiológicas entre esses animais.

# REVISÃO DE LITERATURA

Aves mergulhadoras exclusivas perderam a capacidade de voar no transcorrer da evolução, tendo desenvolvido um plano corporal especializado, que as difere de aves voadoras. Os códigos genéticos das aves apresentam diferentes adaptações relacionadas à termorregulação, oxigenação, mergulho, visão, dieta, imunidade e tamanho corporal, o que interfere em suas diferentes adaptações aos mais diversos ambientes (Cole et al., 2022).

Foram relatadas que as diferenças na relação entre a forma do esterno e a locomoção entre as aves é complexa e que seriam essas as responsáveis, anatomicamente, pela capacidade de voar desses animais. A forma do esterno e o modo de voo tem direta relação, sendo que aves de rapina, por exemplo, têm fenestras na extremidade caudal desse osso, enquanto as aves que não voam não têm quilhas. Por sua vez, aves voadoras sempre têm quilhas proeminentes e diferenças significativas no esterno quando comparadas às demais (Lowi-Merri et al, 2021; Cole et al., 2022).

A ausência de voo, a natação e o voo propriamente dito são características que conferem evidências morfológicas distintas. Para alcançar um alto desempenho, um pássaro deve ter asas grandes e músculos das asas, pernas e músculos das pernas pequenos. Aqueles que não usam o membro anterior para propulsão, seja no ar ou na água, apresentam a quilha baixa e arredondada. O uso exclusivo das asas para propulsão subaquática, em casos como o dos pinguins, está associado ao esterno alongado e à quilha agudamente angulada e projetada cranialmente. Já o voo aéreo requer o esterno curto e quilha arredondada e alta. Destaca-se que aves que mergulham, mas também voam apresentam morfologia similar àquelas que também voam e não àquelas que são mergulhadoras exclusivas, provavelmente em decorrência da primazia das restrições funcionais relacionadas ao voo (Heers, 2016; Lowi-Merri et al., 2021).

Os ossos das aves modernas, em geral, evoluíram para leveza e resistência: eles são pneumáticos, com corticais finas e porção medular ampla atravessada por trabéculas estrategicamente situadas, para reforço. Essas possuem sacos aéreos que servem de reservatório de ar, que é liberado dentro dos capilares aéreos, que substituem os alvéolos, e dos ossos pneumáticos. Além disso, não possuem diafragma. Seu tronco esquelético cônico parece funcionar como um fole na respiração, ao mesmo tempo em que alivia o peso e dá uma forma aerodinâmica ao corpo para voar. Por outro lado, aves especializadas para o nado e o mergulho apresentam ossos densos, sólidos e não pneumáticos, além dos membros anteriores modificados em nadadeiras e ausência de sacos aéreos (; Williams, 1995; Stodkopf e Stodkopf, 1986; Macwhirter, 2010).

As diferentes propriedades anatômicas entre aves voadoras e aves aquáticas de mergulho muito se devem à alteração na densidade entre água e ar. Dessa forma, além das características ósseas, nota-se, por exemplo, disparidades musculares. Os músculos peitorais anteriores, assim como as asas, são substancialmente reduzidos em pinguins, mergulhadores exclusivos, quando comparados com mergulhadores também capazes de voar, como araus e gansos. Suas asas são achatadas, endurecidas e têm paredes ósseas corticais mais espessas para facilitar a propulsão. Isso sem contar outras adaptações que resultam num perfil mais hidrodinâmico e aerodinâmico, incluindo penas mais lisas, adaptadas e mais curtas nas asas, membros posteriores colocados muito para trás no corpo e um tarso comprimido lateralmente (Williams, 1995; Lowi-Merri et al., 2021).

São refinamentos esqueléticos para o voo: a presença de centro de gravidade abaixo das asas estendidas, redução e fixação da escápula, articulações giratórias nos carpos - para fechamento das asas -, clavículas fundidas - formando a fúrcula - assim como outros ossos e articulações anquilosados, ossos pneumáticos, esterno carenado e substituição dos dentes por bicos - por serem mais leves - (Macwhirter, 2010).

Vale destacar que, apesar de intimamente interligados, a evolução do voo é independente da evolução das penas em aves. Essas teriam surgido por questões não relacionadas ao voo (Clarke e Middleton, 2006).

# CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que dentre as espécies avarias, as principais diferenças que contribuem para a habilidade de voar, mergulhar, nadar ou combinar um ou mais desses surgiram na escala evolutiva como adaptações ao meio. Seriam as características ósseas, em especial a forma do esterno, as principais responsáveis por ditar tal fisiologia.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLARKE, J., MIDDLETON, K. Evolução dos Pássaros. *Current Biology*, v. 16, n. 10. 2006

COLE, T. L., et al. Insights genômicos sobre a transição aquática secundária de pinguins. *Nature Comunications*, n. 13, v. 3812, p. 1-13. 2022.

HEERS, A. M. Novas Perspectivas sobre a Ontogenia e Evolução da Locomoção Aviária. *Integrative and Comparative Biology*, v. 56, n. 3, p. 428-441. 2016.

LOWI-MERRI, T. M., et al. A relação entre a variação do esterno e o modo de locomoção em aves. *BMC Biology*, n. 19, v. 165, p. 1-23. 2021.

MACWHIRTER, P. A evolução das espécies aviárias. 2010.

STOSKOPF, M. K.; STOSKOPF, S. K. Pássaros Aquáticos. *Zoo and Wild Animal Medicine*. 2. ed. Philadelphia: W. B. Saunders. cap. 20, p. 253-261, 1986.

WILLIAMS, T. D. Os Penguins. *Oxford: Oxford University Press*. 258p. 1995.