

Caracterização morfofisiológica do sistema digestório das aves: uma abordagem generalizada

Morphophysiological characterization of the bird digestive system: a generalized approach

Anne Karolyne Vieira do Nascimento¹

Fabíola Franklin de Medeiros²

Gabrielly Soares da Silva³

Severino Irlândeson da Silva⁴

RESUMO: As aves modernas apresentam os mais diversificados tipos de regime alimentar, que refletem diretamente nas adaptações morfofisiológicas do trato digestivo, adquiridas ao longo da evolução. O bico e a língua das aves estão fortemente relacionados à dieta adotada pelo animal, auxiliando na apreensão, umidificação e condução dos alimentos pelo canal digestivo. O canal alimentar se inicia pelo esôfago, composto por uma dilatação permanente denominada papo ou inglúvio, em algumas espécies, que atua como um reservatório de alimentos. Em seguida, o alimento segue para o estômago, subdividido em duas porções, na maioria das aves: proventrículo e ventrículo ou moela. A moela apresenta-se resistente, macia ou delgada, de acordo com o tipo de alimentação da ave. Dessa, o alimento segue para o intestino delgado, subdividido em três porções (duodeno, jejuno e íleo). O duodeno recebe secreções de dois órgãos acessórios ao trato digestivo, o pâncreas e o fígado, no qual se encontra a vesícula biliar na maioria das aves. O final do íleo e início do intestino grosso é marcado pela presença dos cecos cólicos, ausentes ou pouco desenvolvidos em algumas espécies. Por fim, as excretas formadas no intestino grosso são conduzidas à cloaca, estrutura comum aos sistemas digestório, excretor e reprodutor das aves.

PALAVRAS-CHAVE: Trato gastrointestinal; Adaptações evolutivas; Particularidades anatômicas.

ABSTRACT: Modern birds have the most diverse types of diet, which directly reflect the morphophysiological adaptations of the digestive tract, acquired throughout evolution. The beak and tongue of birds are strongly related to the diet adopted by the animal, helping to capture, humidify and guide food through the digestive canal. The alimentary canal begins with the esophagus, composed of a permanent dilation called crop or ingluvium, in some species, which acts as a food reservoir. The food then goes to the stomach, subdivided into two portions, in most birds: proventriculus and ventricle or gizzard. The gizzard is resistant, soft or thin, depending on the bird's type of diet. From there, the food goes to the small intestine, subdivided into three portions (duodenum, jejunum and ileum). The duodenum receives secretions from two accessory organs to the digestive tract, the pancreas and the liver, in which the gallbladder is located in most birds. The end of the ileum and beginning of the large intestine is marked by the presence of colonic ceca, which are absent or poorly developed in some species. Finally, the excreta formed in the large intestine are taken to the cloaca, a structure common to the digestive, excretory and reproductive systems of birds.

KEYWORDS: Gastrointestinal tract; Evolutionary adaptations; Anatomical particularities.

DOI: 10.61223/coopex.v15i3.694

¹ Discente do Curso de Medicina Veterinária pela Faculdade Rebouças de Campina Grande - FRCG.
E-mail: annek.vieiranas@gmail.com

² Docente do Curso de Medicina Veterinária pela Faculdade Rebouças de Campina Grande - FRCG.
E-mail: vet.fabiolafranklin@gmail.com

³ Discente do Curso de Medicina Veterinária pela Faculdade Rebouças de Campina Grande - FRCG.
E-mail: vetgabriellycontato@gmail.com

⁴ Docente do Curso de Medicina Veterinária pela Faculdade Rebouças de Campina Grande - FRCG.
E-mail: irlandesonsilva@gmail.com

INTRODUÇÃO

As aves constituem a classe de vertebrados de quatro membros com a maior diversidade de espécies, adaptadas a diferentes ecologias e comportamentos, variando desde animais com menos de dois gramas (*Mellisuga helenae*) àqueles com peso superior a cem quilogramas (*Struthio camelus*). Estão amplamente difundidas por todos os continentes, desempenhando papéis essenciais na dinâmica dos ecossistemas como consumidoras de insetos, agentes polinizadores e dispersores de sementes, além de fornecer serviços imprescindíveis às sociedades humanas, atuando como biomonitores e bioindicadores de qualidade ambiental (GILL; PRUM, 2019).

A queima de energia pelas aves se dá através de altas taxas, o que implica na necessidade frequente do consumo de alimentos para o reabastecimento energético. Nesse sentido, são notórias as adaptações para alimentação adotadas por esses animais, ao longo da evolução, incluindo desde a forma como se movem enquanto se alimentam e capturam o alimento, até as múltiplas especializações de todo o trato digestivo (GILL; PRUM, 2019). Nessa perspectiva, realizou-se um estudo bibliográfico acerca do sistema digestório das aves, a fim de compreender suas características morfofisiológicas.

METODOLOGIA

A presente pesquisa se tratou de um estudo bibliográfico, do tipo revisão integrativa de literatura, realizada em agosto de 2023, com a finalidade de investigar, em material teórico, publicações que contemplassem a temática do sistema digestivo de aves. A busca se deu em livros didáticos e em publicações de cunho científico, a partir dos descritores “aves”, “anatomia”, “fisiologia” e “sistema digestório”. Os critérios de inclusão adotados foram: produções acadêmicas disponíveis na íntegra, que abordassem a temática proposta, nos idiomas português e inglês. Foram selecionadas as produções que, após a leitura do resumo, mostraram-se em concordância com o tema pesquisado. Após a seleção do material teórico, foi realizada a leitura e análise crítica das produções incluídas e destacados os pontos importantes a serem abordados nesta pesquisa. Ao final da análise crítica, foi elaborada a produção teórica seguindo as recomendações propostas para a estruturação do trabalho, sendo realizada, ao término da produção, a análise e correção do trabalho final, para posterior envio à avaliação.

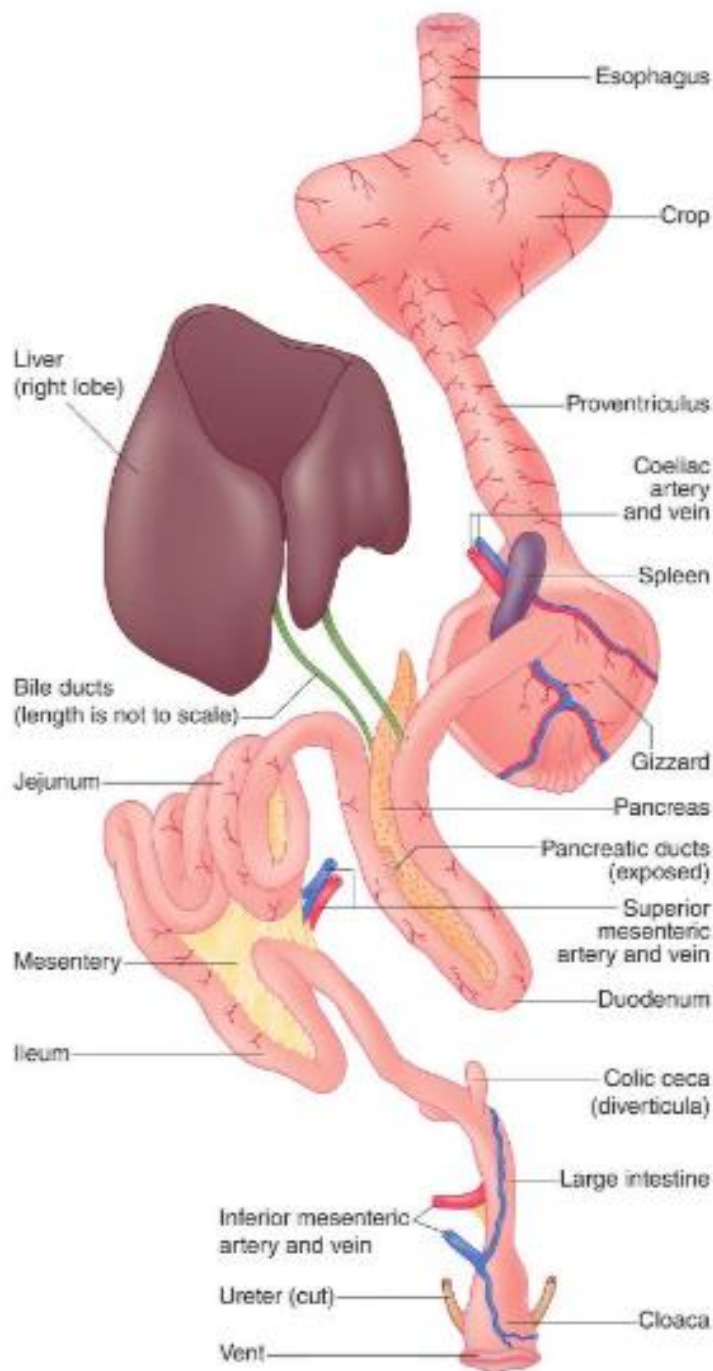
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As aves modernas apresentam os mais diversificados tipos de regime alimentar, incluindo espécies onívoras, carnívoras, piscívoras, necrófagas, insetívoras, malacófagas, frugívoras, fitófagas, nectarívoras e granívoras (SICK, 2001). O êxito deste amplo espectro adaptativo de recursos alimentares utilizados pelas aves se deve, parcialmente, ao bico (FAVRETTO, 2021), uma estrutura desdentada e revestida por uma bainha córnea, fortemente associado às especialidades alimentares, variando de forma, tamanho e força de acordo com a dieta potencial adotada pelo animal (GILL; PRUM, 2019).

Diferentemente de outros animais, as aves não mastigam o seu alimento antes de engoli-lo (GILL; PRUM, 2019; EVANS, 2016). Portanto, o bico e a boca atuam, basicamente, na obtenção dos alimentos, cujo processamento é limitado a atividades como a quebra e a retirada da casca das sementes, ou o rasgo das presas em pequenos pedaços (GILL; PRUM, 2019). O tipo alimentar determina, ainda, a forma da língua das aves, a qual atua na apreensão, manipulação e condução do alimento ao canal alimentar. A presença de glândulas salivares está diretamente relacionada ao tipo de alimento ingerido pela ave, podendo apresentar-se bem desenvolvidas, pouco desenvolvidas ou ausentes (EVANS, 2016; SICK, 2001). Em geral, secretam muco, que atua na lubrificação dos alimentos e permite o seu percurso pelo esôfago. Diferentemente dos mamíferos, a amilase só está presente na saliva de algumas espécies, como o pardal. Em outras espécies, o muco funciona, ainda, como uma camada adesiva na língua, auxiliando na captura de insetos, ou como um “cimento”, durante a construção de ninhos (PROSZKOWIEC-WEGLARZ, 2022).

O canal alimentar (Figura 1) inicia com o esôfago, um tubo muscular relativamente fino e reto, revestido por glândulas mucosas lubrificantes (EVANS, 2016; FAVRETTO, 2021; GILL; PRUM, 2019), que complementam a secreção limitada de saliva (PROSZKOWIEC-WEGLARZ, 2022). Trata-se de um órgão versátil que, na maioria das aves, pode se expandir temporariamente para comportar uma grande quantidade de alimento, como nas aves que se alimentam de peixes inteiros. Além disso, grande parte das espécies apresentam bolsas musculares no esôfago, denominadas divertículos, as quais desempenham funções diversificadas, desde o armazenamento de sementes - como nos tentilhões - à atuação como câmaras de ressonância de sinais sonoros em exibições de cortejo, - como em pombos e tetrazes (EVANS, 2016; GILL; PRUM, 2019).

Figura 1 - Esquematização do trato digestivo aviário



Fonte: Adaptado de Evans, 2016.

Espécies como pombos, galináceos e alguns passeriformes apresentam uma dilatação permanente da porção inferior do esôfago, denominada papo ou ingluvío, cujos tamanho e estrutura variam. À medida em que o alimento adentra o esôfago, por ação muscular, ele é empurrado para o papo, região em forma de bolsa que funciona como uma câmara de retenção, armazenando e amolecendo o alimento, e regulando o seu fluxo através do trato digestivo por meio de uma fina camada muscular (EVANS, 2016; GILL; PRUM, 2019). Esta estrutura

permite à ave consumir o alimento de forma rápida e movimentar-se para um local seguro, para então o alimento prosseguir ao estômago ou ser regurgitado aos seus filhotes (EVANS, 2016). Pode, ainda, ocorrer alguma digestão de carboidratos, como o amido - o qual é hidrolisado e absorvido; convertido em álcool, ácido láctico ou outros ácidos; ou transportado pelo TGI - e a sacarose, devido à presença de amilase proveniente de secreções salivares, refluxo intestinal ou fontes vegetais e/ou bacterianas (PROSZKOWIEC-WEGLARZ, 2022). Em algumas espécies, as células de revestimento do inglúvio, reguladas pela ação da prolactina, secretam, de forma holócrina, um líquido nutritivo, rico em proteínas e ácidos graxos essenciais, conhecido como “*crop milk*” (EVANS, 2016; GILLESPIE *et al.*, 2012; PROSZKOWIEC-WEGLARZ, 2022; WARD *et al.*, 2001). Trata-se de um leite vegetal utilizado como fonte de alimento para os filhotes, podendo ser produzido por aves progenitoras machos e fêmeas - pombos e flamingos (EVANS, 2016; FAVRETTO, 2021; GILL; PRUM, 2019; WARD *et al.*, 2001) - ou apenas machos - pinguins (GILLESPIE *et al.*, 2012).

De acordo com Gill e Prum (2019), a maioria das aves possui o estômago subdividido em dois compartimentos: proventrículo e moela. O proventrículo, também chamado estômago glandular (RUTZ, 2015), corresponde à porção anterior, mais desenvolvida em aves piscícolas e aves de rapina, na qual ocorre a primeira etapa do processo digestivo (GILL; PRUM, 2019). Diferentemente dos mamíferos, as aves iniciam pela digestão química dos alimentos (GILL; PRUM, 2019). No proventrículo, dois tipos principais de glândulas se destacam: glândulas mucosas simples, que produzem muco; e glândulas mucosas compostas, as quais liberam muco, ácido clorídrico (HCl) e pepsinogênio. O HCl atua sobre o pepsinogênio, que se transforma em pepsina no ambiente ácido, iniciando a quebra de proteínas em polipeptídios (DUKES, 2017). A produção de HCl e pepsina é estimulada pelo hormônio gastrina (RUTZ, 2015) e, para favorecer a atividade da pepsina, o pH do suco gástrico se torna altamente ácido (entre 0,5 e 2,5). Ademais, o peptídeo liberador de gastrina é gerado no proventrículo, estimulando a contração do papo e a liberação de enzimas pancreáticas (RUTZ, 2015). Portanto, o alimento atravessa o proventrículo rapidamente, com pouca digestão ocorrendo nessa etapa. As secreções, no entanto, passam para o ventrículo, onde a ação enzimática se desenvolve (BELL, 2002). Além disso, algumas espécies - incluindo gaivotas, garças, andorinhas-do-mar etc. - são capazes de expandir temporariamente o proventrículo para a retenção de alimentos e consumo posterior ou alimentação de suas crias, ou, ainda, retenção de subprodutos petrolíferos para serem regurgitados em predadores - pétreis (EVANS, 2016; GILL; PRUM, 2019).

A porção posterior corresponde ao ventrículo ou moela (EVANS, 2016), um análogo funcional aos molares dos mamíferos, na qual ocorre a trituração dos alimentos mais rígidos -

processo de digestão mecânica (FAVRETTO, 2021; GILL; PRUM, 2019). Trata-se de uma estrutura muscular de paredes espessas (GILL; PEUM, 2019), protegida internamente por uma secreção queratinizada (FAVRETTO, 2021) - formada pela associação de carboidratos e proteínas - denominada cutícula gástrica ou "*koilin*" (EVANS, 2016), responsável por resguardar a moela contra os efeitos do ácido clorídrico e da pepsina liberados pelo proventrículo (RUTZ, 2015). Em aves comedoras de sementes (pombos, perus, tentilhões etc.), a moela é especialmente grande, com poderosas camadas de músculos estriados, e constituída por uma superfície interna de moagem áspera e pregueada, formada por múltiplos sulcos e ranhuras - alguns pombos possuem, ainda, projeções fortes em formato de dente (GILL; PRUM, 2019). Além disso, contém grandes quantidades de grãos e, até mesmo, seixos e cascalhos (perus e perdizes), ingeridos para facilitar o processo de trituração (EVANS, 2016; GILL; PRUM, 2019).

Por sua vez, em aves consumidoras de alimentos mais macios, como carne, insetos e frutas, o ventrículo não possui uma camada muscular tão desenvolvida, apresentando-se como uma bolsa macia; e, em aves de rapina e garças, detém o formato de grandes sacos com paredes delgadas (GILL; PRUM, 2019). Além disso, na moela de pássaros carnívoros, após engolir uma presa, são formados pellets contendo partes não digeríveis ou de difícil digestão de seus alimentos, como ossos, dentes, penas, pelos e exoesqueletos de alguns insetos (EVANS, 2016; FAVRETTO, 2021; GILL; PRUM, 2019). Após a sua formação, o pellet é regurgitado, o que contribui para a redução de danos aos intestinos, como também para a eliminação de peso extra de forma antecipada (FAVRETTO, 2021). Esse comportamento é típico de corujas, falcões, perdizes, noitibós, andorinhões e muitos passeriformes (EVANS, 2016).

Enfim, os processos finais da digestão ocorrem no intestino delgado, assim nomeado em razão de seu pequeno diâmetro, o qual é subdividido em três regiões: duodeno, jejuno e íleo. Configura-se como a porção mais longa do trato digestivo das aves, com exceção do avestruz (*Struthio camelus*) (EVANS, 2016). Usualmente, aves que consomem alimentos de difícil digestibilidade ou baixo valor nutricional - sementes, plantas e peixes - apresentam um comprimento do trato intestinal mais longo do que aquelas que se alimentam de frutas, carne e insetos (EVANS, 2016; GILL; PRUM, 2019).

O intestino delgado desempenha um papel central na digestão química, mediada por enzimas pancreáticas, pela microbiota e por excreções intestinais (REECE; TRAMPEL, 2017). O duodeno é a primeira alça intestinal, em formato de "U", na qual se situa o pâncreas, glândula acessória do trato digestivo, responsável pela secreção dos hormônios insulina e glucagon, e de diversas enzimas digestivas que atuam na quebra de proteínas e lipídeos (EVANS, 2016). Ele

modifica o ambiente intestinal para torná-lo compatível com os enterócitos. Isso é alcançado por meio da secreção de água e bicarbonato, os quais diluem e neutralizam a secreção ácida gerada pelo proventrículo (RUTZ, 2015), juntamente com a bile secretada pelo fígado, aumentando o pH nos segmentos intestinais para valores entre 5,6 a 7,2, sendo o valor ideal de 6 a 8 (REECE; TRAMPEL, 2017).

O pâncreas exócrino libera lipase, amilase e precursores de enzimas proteolíticas, como tripsinogênio e quimotripsinogênios A, B e C, além de procarboxipeptidases A e B. A ativação das enzimas proteolíticas ocorre somente no lúmen intestinal, devido ao mecanismo que impede a sua autodigestão, mediado pelo pâncreas. O tripsinogênio é convertido em tripsina pela enteroquinase presente no intestino, a qual, uma vez ativada, inicia a ativação de outras enzimas proteolíticas que hidrolisam as conexões proteicas maiores e originam oligopeptídeos. Já as carboxipeptidases, presentes no lúmen intestinal, liberam os aminoácidos advindos dos oligopeptídeos, enquanto que as aminopeptidases e dipeptidases agem na superfície do intestino, realizando hidrólise desses peptídeos (REECE; TRAMPEL, 2017).

O duodeno, ainda, recebe diversos ductos biliares provenientes dos lobos hepáticos e da vesícula biliar. O fígado, assim como o pâncreas, é um órgão acessório do TGI e é o maior órgão interno do corpo das aves, responsável pelo processamento de substâncias úteis ao organismo a partir dos produtos digestivos, neutralização de substâncias nocivas no sangue e produção da bile. A bile é um fluido alcalino que atua na emulsificação de lipídios e neutralização do ácido gástrico proveniente do estômago. Ela é armazenada e concentrada na vesícula biliar, a qual pode apresentar-se nas formas oval, de saco ou longa e tubular, dependendo da espécie. Contudo, aves como papagaios, cucos, beija-flores, pombos e certos pica-paus, falcões e passeriformes não possuem essa estrutura (EVANS, 2016).

Posterior ao duodeno, encontra-se o jejuno, precedido pelo divertículo de Meckel - um vestígio do saco vitelino localizado no terço intermediário do intestino delgado, utilizado como demarcação da transição entre jejuno e íleo. O íleo finaliza com um anel circular de tecido muscular, projetado para o interior do lúmen retal (REECE; TRAMPEL, 2017). Evidencia-se a ocorrência de absorção primordial de gorduras nessas porções do intestino delgado, a partir de mecanismos de transporte de difusão facilitada e simples (DENBOW, 2000). As gorduras são convertidas em ácidos graxos e glicerol antes de serem absorvidas, com a ação da lipase pancreática e dos sais biliares, os quais são absorvidos para posterior reutilização (REECE; TRAMPEL, 2017). Os enterócitos captam os ácidos graxos e os transformam em triglicerídeos por meio da reesterificação, resultando em portomícrons, os quais são, então, lançados diretamente na circulação portal (PROSZKOWIEC-WEGLARZ, 2022).

O final do íleo e o início do intestino grosso são marcados por longas bolsas chamadas cecos cólicos, responsáveis pela retenção de material para digestão bacteriana e refluxo desse conteúdo para o intestino grosso. Essa estrutura geralmente se apresenta aos pares e está fortemente relacionada à dieta: aves herbívoras costumam apresentar cecos mais longos do que aquelas que se alimentam de sementes, provavelmente com o intuito de aumentar a degradação da celulose presente em fibras vegetais rígidas - processo fermentativo (EVANS, 2016; FAVRETTO, 2021). Em contrapartida, as garças apresentam um único ceco, enquanto que o *Sagittarius serpentarius* possui dois pares. Por fim, o ceco pode ser ausente ou pouco desenvolvido, em espécies como papagaios, anhangas, pombos, andorinhões etc. (EVANS, 2016). No ceco, ocorre uma digestão limitada de carboidratos e proteínas. Porém, esse órgão desempenha um papel crucial na geração de ácidos graxos voláteis, originados por meio da fermentação microbiana, e, posteriormente, absorvidos de forma passiva pela corrente sanguínea (RUTZ, 2015). O intestino grosso inclui os cecos e o reto (REECE; TRAMPEL, 2017), apresentando-se, em grande parte das aves, como um tubo curto e reto, onde ocorre a reabsorção de água para a formação das excretas, se estendendo desde os cecos cólicos até a cloaca, estrutura comum aos sistemas digestório, urinário e reprodutivo, responsável pela condução dos resíduos ao ambiente externo (EVANS, 2016; FAVRETTO, 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A morfofisiologia digestiva das aves é um processo complexo que engloba uma variedade de glândulas e órgãos altamente adaptados, operando em conjunto para assegurar a eficiente fragmentação dos alimentos e a obtenção dos nutrientes essenciais. Diversos fatores ligados a uma dieta incorreta e/ou deficiente ou agentes infecciosos têm o potencial de impactar negativamente o equilíbrio entre as várias partes do sistema intestinal, comprometendo a digestão e a absorção adequadas. Por isso, a preservação da integridade do trato gastrointestinal desempenha um papel crucial nas condições ambientais e no bem-estar das aves.

REFERÊNCIAS

BELL, Donald D. Anatomy of the Chicken. In: BELL, Donald D. **Commercial Chicken Meat and Egg Production**. 5. ed. New York: Springer Science + Business Media, 2002. cap. 4, p. 41-58. ISBN 978-1-4615-0811-3. *E-book* (1360 p.).

EVANS, Howard E. Avian Anatomy: Digestive system. In: LOVETTE, Irby J.; FITZPATRICK, John W. **The Cornell Lab of Ornithology's Handbook Of Bird Biology**. 3. ed. Chichester, West Sussex: John Wiley & Son, 2016. cap. 6, p. 169-213. ISBN 9781118291047.

FAVRETTO, Mario Arthur. Forma e Função: Sistema digestório. In: FAVRETTO, Mario Arthur. **Aves do Brasil: Rheiformes a Psittaciformes**. Florianópolis: Mario Arthur Favretto, 2021. v. 1, p. 23. ISBN 978-65-00-28315-0. *E-book* (596 p.).

GILL, Frank B.; PRUM, Richard O. **Ornithology**. 4. ed. New York: W. H. Freeman, 2019. 1714 p. ISBN 978-1-319-26686-8. *E-book* (1714 p.).

GILLESPIE, Meagan J. *et al.* Functional Similarities between Pigeon 'Milk' and Mammalian Milk: Induction of Immune Gene Expression and Modification of the Microbiota. **PLoS One**, [s. l.], v. 7, n. 10, 26 out. 2012. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0048363>. Acesso em: 26 ago. 2023.

PROSZKOWIEC-WEGLARZ, Monika. **Gastrointestinal anatomy and physiology**. In: SCANES, Colin G.; DRIDI, Sami. *Sturkie's Avian Physiology*. 7. ed. [S. l.]: Elsevier, 2022. cap. 21, p. 485-527. ISBN 978-0-12-819770-7. *E-book* (1457 p.).

REECE, William O.; TRAMPEL, Darrell W. Digestão das Aves: Tubo digestório. In: REECE, William O. *et al.* **Dukes | Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. cap. 46, p. 1170-1188. ISBN 978-85-277-3135-5. *E-book* (1594 p.).

RUTZ, Fernando *et al.* Fisiologia da Digestão e da Absorção em Aves. In: SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA E VII BRASIL SUL POULTRY FAIR, n. XVI. 2015, Chapecó. **Anais** [...] Chapecó, SC: Nucleovet, 2015. p. 58-71. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/128978/1/final7898.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2023.

SICK, Helmut. Biologia. In: SICK, Helmut. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2001. cap. 7, p. 98-119. ISBN 85-209-0816-0.

WARD, Ann M. *et al.* Nutrient Composition of American Flamingo Crop Milk. In: CONFERENCE ON ZOO AND WILDLIFE NUTRITION, 4., 2001, Lake Buena Vista. **Anais** [...], Lake Buena Vista, FL: AZA Nutrition Advisory Group, 2001. p. 189-195. Disponível em: <https://nagonline.net/wp-content/uploads/2014/02/Ward-Nutrient-Composition-Of-American-Flamingo-Crop-Milk.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2023.