



## Análise morfológica dos sacos aéreos da perdiz (*Rhynchotus rufescens*, Temminck, 1815)

### Morphological analysis of air sacs in red-winged tinamou (*Rhynchotus rufescens* Temminck, 1815)

Katia Aparecida da Silva Viegas\*<sup>1</sup> , Karina Padula<sup>1</sup> , Eduardo Henrique Martins<sup>1</sup> , Luiz Eduardo Cruz dos Santos Correia<sup>1</sup> , Josineudson Augusto II de Vasconcelos Silva<sup>1</sup> , André Luis Filadelpho<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp), Campus Botucatu, São Paulo, Brasil.

\*Autor correspondente: [katia.viegas@unesp.br](mailto:katia.viegas@unesp.br)

**Resumo:** Descrições anatômicas dos sacos aéreos de perdizes da espécie *Rhynchotus rufescens* são escassos. Este estudo teve como objetivo avaliar os sacos aéreos desta espécie. Foram coletados dez espécimes cadavéricos de perdizes adultas, com aproximadamente 1 ano de idade, e utilizada perfusão de látex para solidificação do material. O saco aéreo cervical na perdiz de asa vermelha é menor e tem uma conformação mais irregular do que outros sacos aéreos. Os sacos aéreos torácicos são simétricos e os sacos aéreos torácicos craniais são menores que os caudais. Os sacos aéreos abdominais são assimétricos e os maiores estendem-se até a cloaca. Foi encontrado apenas um saco aéreo clavicular, com três subdivisões: direito, esquerdo e medial. Além disso, foram encontradas porções extratorácicas direita e esquerda, passando sob a clavícula. Em um dos animais foram encontrados úmeros preenchidos com látex e em outras três costelas estavam presentes divertículos vertebrais. Não há uma relação clara entre taxonomia e biologia versus quantidade e conformação dos sacos aéreos, pois diferentes animais com proximidade taxonômica apresentam diferenças. Este estudo aumenta o conhecimento anatômico específico desta espécie de perdiz.

**Palavras-chave:** anatomia animal; sistema respiratório; animais selvagens; pássaros; perdiz.

**Abstract:** Anatomical descriptions of the air sacs of partridges of the species *Rhynchotus rufescens* are scarce. This study aimed to evaluate the air sacs of this species. Ten cadaveric specimens of adult partridges, approximately 1 year old, were collected, and latex perfusion was used to solidify the material. The cervical air sac in the red-winged tinamou is smaller and has a more irregular conformation than other air sacs. The thoracic air sacs are symmetrical, and the cranial thoracic air sacs are smaller than the caudal ones. The abdominal air sacs are asymmetrical, and the largest, extending to the cloaca. Only one clavicular air sac was found, with three subdivisions: right, left, and medial. Additionally, right, and left extrathoracic portions were found, passing under the clavicle. In one of the animals, the latex-filled humeri were found, and in three other ribs, vertebral diverticula

Recebido: 15 de julho, 2024. Aceito: 23 de setembro. Publicado: 11 de novembro, 2024.

were present. There is no clear relationship between taxonomy and biology versus the quantity and conformation of air sacs, as different animals with taxonomic proximity present differences. This study enhances species-specific anatomical knowledge of this species of partridge.

**Keywords:** animal anatomy; respiratory system; wild animals; birds; partridge.

## 1. Introdução

O inhambu-de-asa-vermelha (*Rhynchotus rufescens*, Temminck, 1815), também conhecido como perdiz, é uma ave nativa da fauna brasileira, pertence à ordem Tinamiformes, família Tinamidae<sup>(1)</sup>. Está presente na América do Sul e, apesar de sua população estar em declínio<sup>(1,2)</sup>, o inhambu-de-asa-vermelha é classificado como de menor preocupação na lista vermelha da BirdLife International<sup>(2)</sup>. Os sacos aéreos são estruturas de paredes finas que encontradas por todo o corpo da ave e desempenham um papel crucial no processo respiratório. Eles funcionam para manter um fluxo unidirecional de ar através dos pulmões, o que permite uma troca gasosa eficiente. Os sacos aéreos também estão envolvidos na termorregulação, produção de som e controle de flutuabilidade em algumas espécies aquáticas de aves<sup>(3,4)</sup>.

A estrutura anatômica dos sacos aéreos em pássaros é única e evoluiu para atender às demandas do voo. Os pássaros têm um total de nove sacos aéreos, que são conectados aos pulmões e à traqueia. Os sacos aéreos são divididos em quatro grupos: cervical, torácico cranial, torácico caudal e abdominal. Cada grupo de sacos aéreos tem uma função específica no processo respiratório, e eles trabalham juntos para permitir que os pássaros extraiam oxigênio do ar de forma eficiente<sup>(4)</sup>. As aves não possuem diafragma, portanto não apresentam diferenciação entre as cavidades torácica e abdominal. O sistema respiratório das aves é dividido em trato respiratório inferior e superior. O sistema respiratório superior é formado pela cavidade nasal, laringe e traqueia, enquanto o trato respiratório inferior é formado pelos pulmões e sacos aéreos (8 ou 9 dependendo da espécie)<sup>(4)</sup>.

Os sacos aéreos já foram descritos nas seguintes aves: ave doméstica (*Gallus gallus*)<sup>(5,6)</sup>, ganso doméstico (*Anser anser domesticus*)<sup>(7)</sup>, pato (*Anas spp.*)<sup>(8-10)</sup>, peru (*Meleagris sp.*)<sup>(11-13)</sup>, avestruz (*Struthio camelus*)<sup>(14)</sup>, codorna (*Coturnix coturnix*)<sup>(15)</sup>, codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*)<sup>(9)</sup>, inhambu-de-asa-vermelha-europeia, da ordem Galliformes (*Alectoris graeca*)<sup>(16)</sup>, urubu-de-pernas-longas (*Buteo rufinus*)<sup>(17)</sup>, pombo-europeu (*Columbia livia*)<sup>(5,18,19)</sup>, mergulhão ou mobilha-grande (*Gavia immer*)<sup>(20)</sup>, bulbul de bochecha branca ou bulbul do Himalaia (*Pycnonotus leucogenys*)<sup>(21)</sup> e corvo-de-capuz ou gralha cinzenta (*Corvus cornix*)<sup>(22)</sup>.

O atendimento clínico às aves na medicina de animais silvestres é considerado comum<sup>(23,24)</sup>, mas é preciso lembrar que tais aves constituem uma classe extremamente diversificada, compreendendo 32 ordens e mais de 10.000 espécies distintas<sup>(1,25)</sup>. Assim, dada a escassez de estudos anatômicos em perdizes, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a anatomia dos sacos aéreos em *R. rufescens*.

## 2. Material e métodos

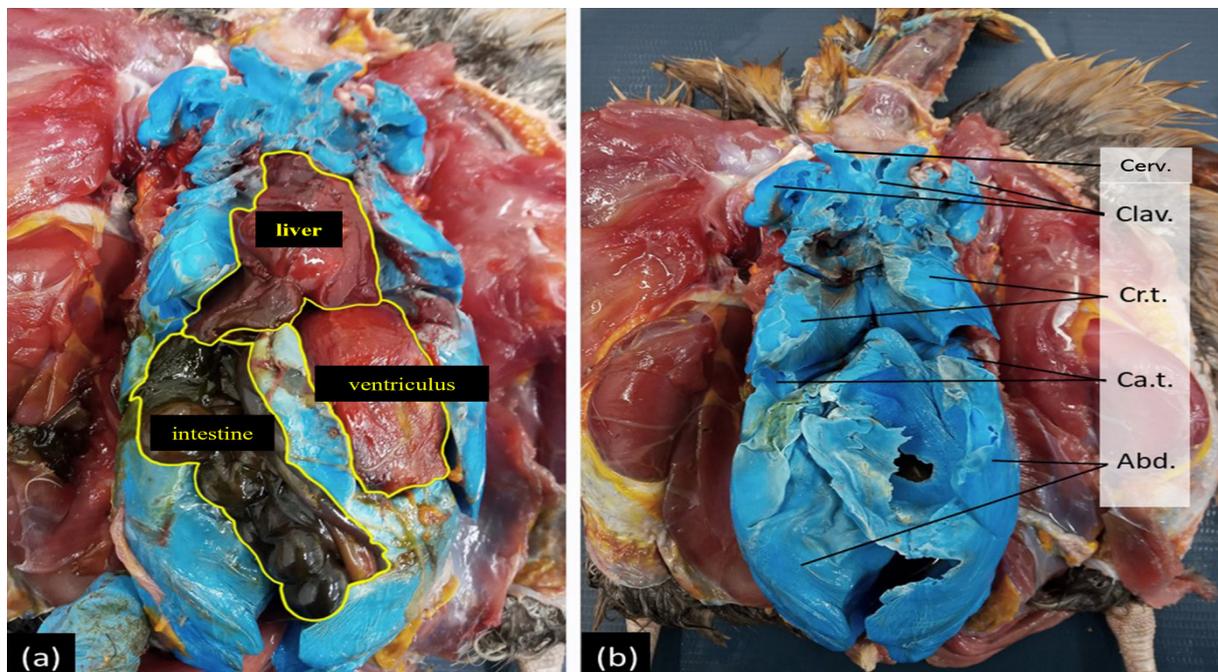
Foram utilizadas dez perdizes adultas (*Rhynchotus rufescens*), com aproximadamente 1 ano de idade, obtidas no Departamento de Melhoramento Animal e Nutrição do curso de

Zootecnia da UNESP – Campus de Botucatu. O material cadavérico foi coletado após o abate dos animais dos projetos da área de produção, os quais foram injetados com látex pré-vulcanizado corado com corante azul (Suvinil®) e dissecados para avaliação macroscópica. O processo envolveu a abertura da pele na região cervical, exposição da traqueia e realização de um corte vertical de aproximadamente 1 cm para introdução de uma cânula para perfusão do látex. Os músculos peitorais e o esterno foram removidos separando as articulações costoadriais e a cintura escapular. As vísceras foram removidas e o molde de látex foi retirado da carcaça.

A metodologia adotada neste estudo foi aprovada pelo Comitê de Ética no Uso de Animais – CEUA, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), protocolado sob o número 0030/2021. O projeto também obteve autorização do Sistema de Autorização e Informação sobre Biodiversidade – SISBIO, órgão do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, para manutenção temporária de vertebrados selvagens em cativeiro, sob o número 77786-1.

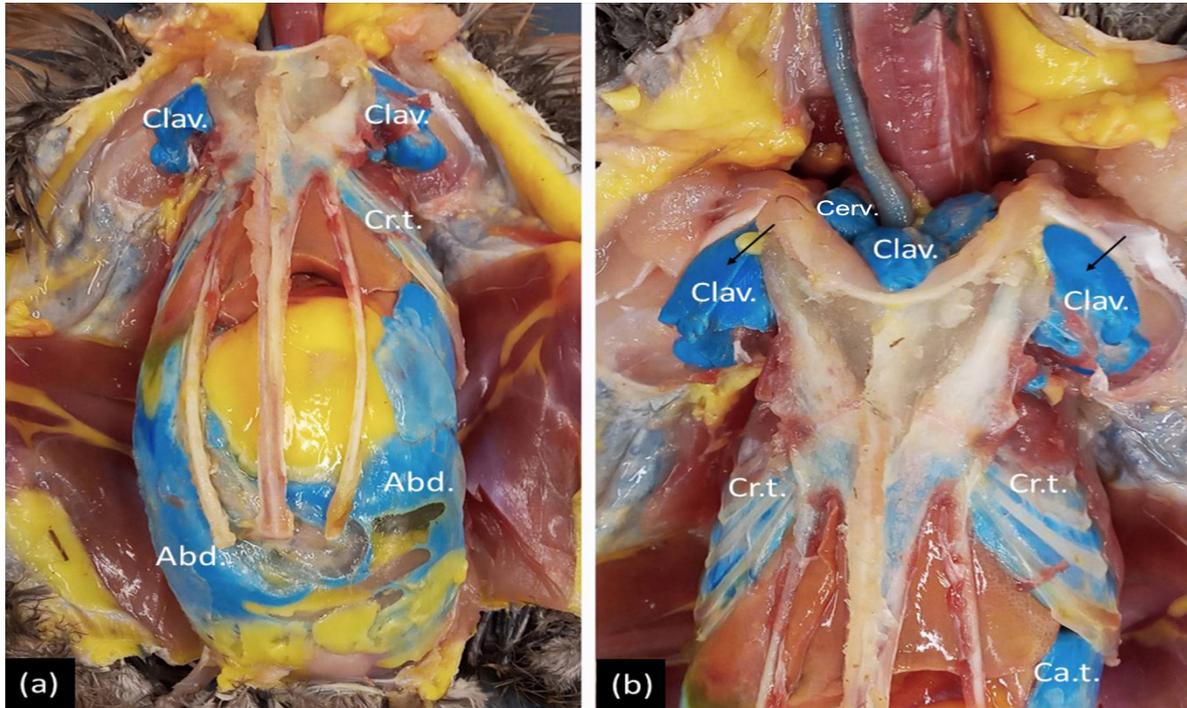
### 3. Resultados

Os sacos aéreos de *R. rufescens* estão muito próximos das vísceras fígado, ventrículo e intestino na cavidade celômica. Após a remoção das vísceras, é possível visualizar um conjunto anatomicamente organizado de sacos aéreos abdominais, claviculares, torácicos craniais e torácicos caudais (Figura 1).



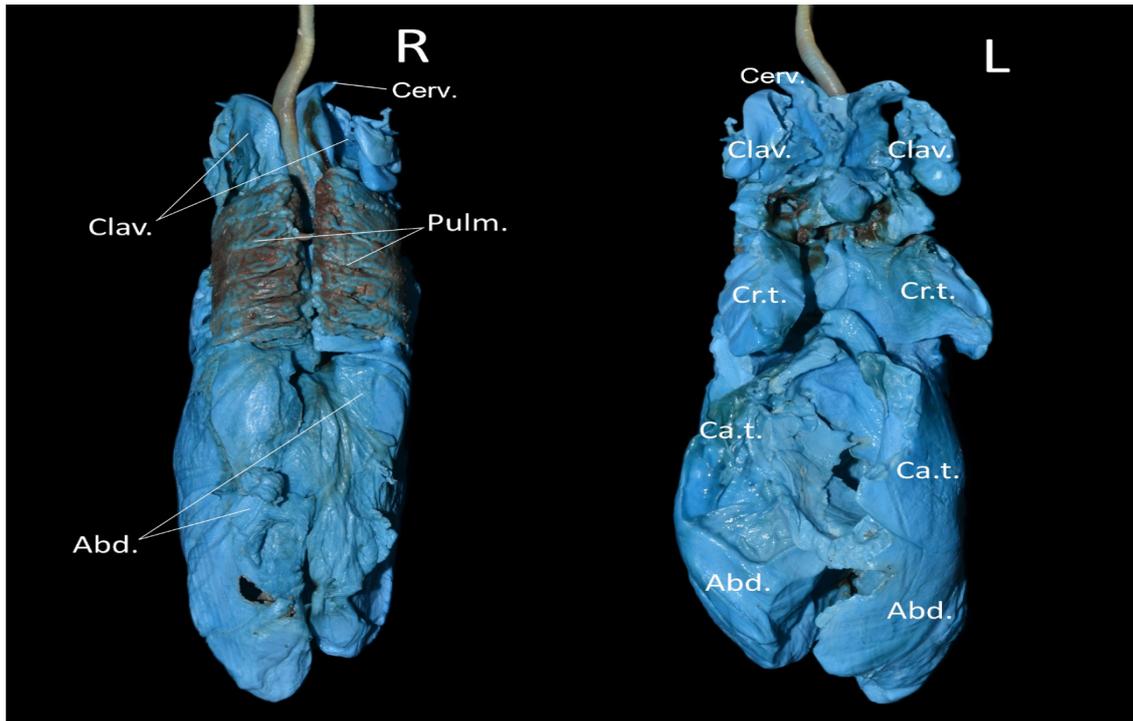
**Figura 1.** (a) Relação dos sacos aéreos e vísceras na cavidade celômica da perdiz, onde é possível visualizar (delimitados por linhas amarelas) o fígado, ventrículo e intestino. (b) Visualização dos sacos aéreos na cavidade celômica da perdiz após a remoção das vísceras. Ab.: Saco aéreo abdominal; Clav.: Saco aéreo clavicular; Cr.T: Saco aéreo torácico craniano; Ca.T: Saco aéreo torácico caudal; Cerv.: Saco aéreo cervical.

As perdizes, comumente, não apresentam sacos aéreos cervicais. Mas no inhambu-de-asa-vermelha, identificamos um total de sete sacos aéreos, incluindo um saco aéreo cervical menor e de formato mais irregular em comparação com outras aves. Além disso, observamos um par de sacos aéreos torácicos craniais, um par de sacos aéreos torácicos caudais e um par de sacos aéreos abdominais (Figura 2). Adicionalmente, foi observado um saco aéreo clavicular com três subdivisões: direito, esquerdo e mediano; há porções extratorácicas direita e esquerda encontradas sob a clavícula (Figura 2).

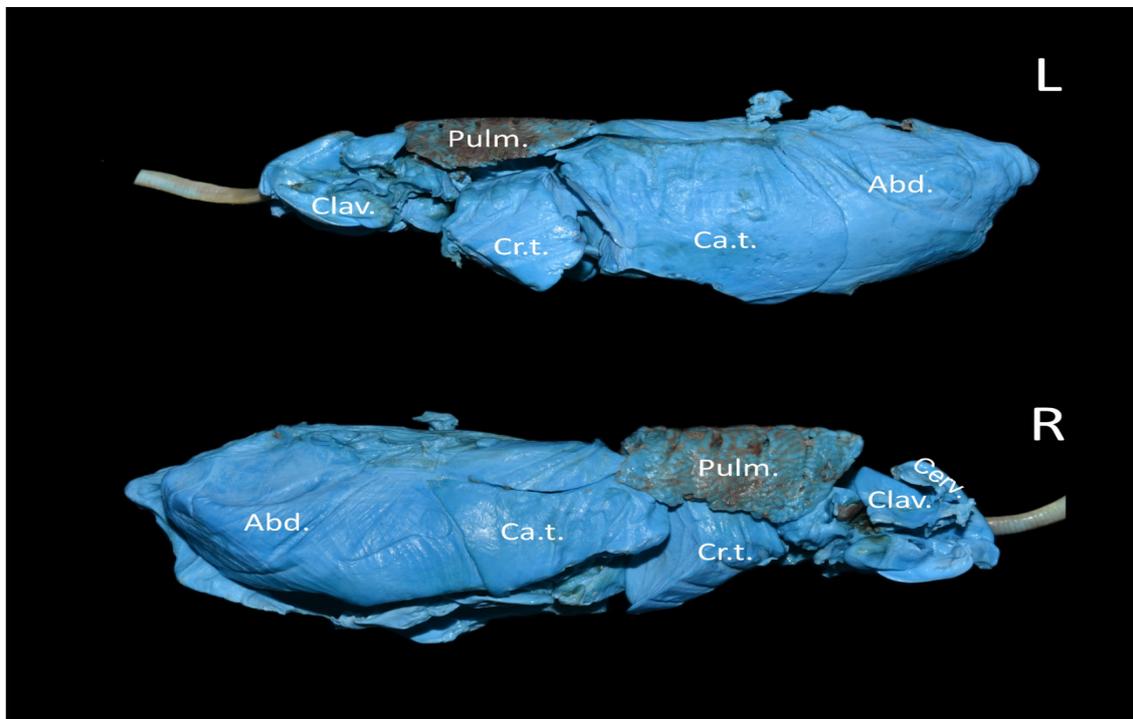


**Figura 2.** (a) Visualização dos sacos aéreos da perdiz após remoção da pele e musculatura ventral. (b) Observe a porção extratorácica do saco aéreo clavicular (setas). Ab.: Saco aéreo abdominal; Clav.: Saco aéreo clavicular; Cr.T: Saco aéreo torácico craniano; Ca.T: Saco aéreo torácico caudal; Cerv.: Saco aéreo cervical.

Os sacos aéreos torácicos são simétricos e os sacos aéreos torácicos craniais são menores (aproximadamente 2,6 cm) que os caudais (entre 4,5 e 4,9 cm). Os sacos aéreos torácicos craniais estão em estreita relação anatômica com os pulmões. Os sacos aéreos abdominais são assimétricos e maiores, estendendo-se até a região da cloaca (Figuras 3 e 4). As figuras 3 e 4 mostram moldes de látex do sistema respiratório inferior de uma perdiz em vistas dorsal e ventral, identificando os pulmões e os sacos aéreos clavicular, abdominal, torácico cranial e torácico caudal. Esta vista permite uma compreensão do arranjo tridimensional dessas estruturas respiratórias, fornecendo insights sobre a distribuição dos sacos aéreos em relação à coluna vertebral e costelas. Na figura 4 demonstra-se o posicionamento e a continuidade das vias aéreas ao longo do aspecto lateral do corpo da ave. Essas imagens fornecem representações detalhadas da anatomia respiratória das aves, oferecendo informações valiosas sobre o estudo do sistema respiratório adaptado para o voo.



**Figura 3.** Molde de látex do sistema respiratório inferior da perdiz, vista dorsal (a) e ventral (b). Ab.: Saco aéreo abdominal; Clav.: Saco aéreo clavicular; Cr.T: Saco aéreo torácico craniano; Ca.T: Saco aéreo torácico caudal; Cerv.: Saco aéreo cervical; Pulm.: Pulmão. D=direita; E=Esquerda.



**Figura 4.** Molde de látex do sistema respiratório inferior da perdiz, vista do lado direito (acima) e do lado esquerdo (abaixo). Ab.: Saco aéreo abdominal; Clav.: Saco aéreo clavicular; Cr.T: Saco aéreo torácico craniano; Ca.T: Saco aéreo torácico caudal; Cerv.: Saco aéreo cervical; Pulm.: Pulmão; D=direita; E=Esquerda.

Além disso, em um dos animais, tanto o úmero quanto os divertículos vertebrais estavam cheios de látex (Figuras 5 e 6). O preenchimento das cavidades pneumáticas do úmero da perdiz destaca a pneumatização desse osso.



**Figura 5.** Úmero de perdiz preenchido com látex nas cavidades pneumáticas, mostrando pneumatização deste osso.

A ontogenia dos ossos pneumáticos das aves determina a idade em que os ossos começam a pneumatizar e em que pontos eles começam. O úmero e as vértebras cervicais começam aos 35 dias após a eclosão, enquanto o esterno só começa aos 126 dias após a eclosão.



**Figura 6.** Vista lateral dos sacos aéreos da perdiz, com visualização da inserção do látex nos divertículos vertebrais. Ab.: Saco aéreo abdominal; Clav.: Saco aéreo clavicular; Cr.T: Saco aéreo torácico craniano; Ca.T: Saco aéreo torácico caudal; Cerv.: Saco aéreo cervical; Pulm.: Pulmão; D=direita; E=Esquerda.

O divertículo intervertebral em aves é uma estrutura anatômica localizada entre as vértebras da coluna vertebral, especialmente nas regiões torácica e lombar. É uma extensão dos sacos aéreos, que fazem parte do sistema respiratório das aves. Essas projeções permitem que o ar circule não apenas nos pulmões, mas também em algumas áreas ósseas, como as vértebras, ajudando a reduzir o peso corporal das aves, uma adaptação crucial para o voo.

## 4. Discussão

Estudos sobre o sistema respiratório de aves vêm sendo realizados há muitos anos, com vários manuscritos publicados sobre o assunto. Um estudo de Maina<sup>(26,27)</sup> examinou a anatomia do sistema respiratório aviário e descobriu que os sacos aéreos desempenham um papel vital no processo respiratório. Os pesquisadores concluíram que o sistema respiratório único em aves permite uma extração mais eficiente de oxigênio do ar. Os autores acima mencionados obtiveram modelagem computacional para simular o fluxo de ar nos pulmões de aves e descobriram que os sacos aéreos desempenham um papel crucial no processo de voo<sup>(28)</sup>, mostrando que a eficiência funcional do sistema respiratório aviário está correlacionada à sua complexidade estrutural.

A proporção do tamanho dos sacos aéreos segue o que já foi descrito na literatura para as outras espécies: o saco aéreo cervical tem uma conformação mais irregular e um tamanho menor<sup>(5,9,10,29)</sup>. Entretanto, em *Rhynchotus rufescens*, observamos que os sacos aéreos torácicos são simétricos e os sacos aéreos torácicos craniais são menores que os caudais. Os sacos aéreos abdominais são os maiores e, apesar de assimétricos, ambos os antímeros se estendem até a cloaca. Um único indivíduo apresentou o antímero direito menor que o esquerdo. O saco aéreo abdominal esquerdo foi descrito como menor que o direito em patos - *Anas spp*<sup>(8,9,16)</sup>, mas esta espécie não é filogeneticamente relacionada a *R. rufescens*. No entanto, similaridade entre as características morfológicas dos sacos aéreos abdominais foi observada em codornas<sup>(15,29,30)</sup>.

A porção extratorácica do saco aéreo clavicular pneumatiza o úmero e o esterno e se estende até a siringe, onde desempenha papel essencial na vocalização<sup>(3)</sup>. Em um dos animais dissecados, o preenchimento de látex evidenciou a pneumatização do úmero e, em outras três costelas, revelou a presença dos divertículos vertebrais. Paradoxalmente, um trabalho com a mesma técnica realizado em codornas japonesas, filogeneticamente próximas às perdizes, mostrou que o úmero era um osso não aerado<sup>(29)</sup>.

Essa conexão entre sacos aéreos e pneumatização óssea, como a do úmero, que é um dos principais ossos das asas, é um exemplo de coadaptação funcional para o voo em aves, pois torna os ossos mais leves, reduzindo o peso total sem comprometer a resistência estrutural. No entanto, perdizes são aves terrestres que podem voar distâncias muito curtas e em baixas altitudes, portanto a permanência dessa pneumatização precisa ser mais investigada em *R. rufescens*.

A viscosidade do látex não permite adequadamente o preenchimento dos ossos pneumatizados. A pneumatização óssea é estudada por meio de um exame osteológico completo para localizar divertículos e visualização de trabéculas por meio de seccionamento dos ossos. Dado que o presente trabalho não se concentrou na descrição de ossos pneumáticos, ele se limitou a relatar ossos descritíveis por preenchimento de látex, não deixando, portanto, base para afirmar se outros ossos são pneumatizados na espécie e se há variação intraespecífica.

Não há estudos que corroborem ou refutem a correlação entre o número de sacos aéreos e a filogenia em aves, uma vez que espécies com proximidade taxonômica apresentam

diferenças, a exemplo das codornas, que não possuem saco cervical e possuem um único saco clavicular, totalizando sete sacos aéreos<sup>(30)</sup>. Outras espécies filogeneticamente distantes destas, como os avestruzes (*Struthio camelus*) possuem dois sacos cervicais e um saco clavicular (*Struthio camelus*) possuem dois sacos cervicais e um saco clavicular<sup>(31)</sup>, e a gralha cinzenta (*Corvus cornix*), dois pares de sacos cervicais<sup>(32)</sup>, que se somam aos demais sacos aéreos, totalizando nove em ambas as espécies.

A morfologia do sistema respiratório encontrada no inhambu-de-asa-vermelha (*R. rufescens*) é pouco descrita na literatura, sendo semelhante apenas à morfologia relatada no mergulhão (*Gavia immer*), ave aquática pertencente à ordem Gaviiformes<sup>(20,33)</sup>. As outras aves com sete sacos aéreos são os gansos (*Anser anser domesticus*)<sup>(1,7)</sup> e os perus (gênero *Meleagris*) com um único saco aéreo cervicoclavicular e os demais pareados<sup>(11,12)</sup>.

## 5. Conclusão

O inhambu-de-asa-vermelha (*Rhynchotus rufescens*, Temminck, 1815) apresenta um total de sete sacos aéreos, diferenciados em um único saco aéreo clavicular, um par de sacos aéreos torácicos craniais, um par de sacos aéreos caudais e um par de sacos aéreos abdominais. As pesquisas em andamento nessa área estão ajudando a aumentar nossa compreensão sobre o sistema respiratório das aves e suas adaptações únicas. Esses resultados serão importantes como base para futuros estudos filogenéticos e para comparações dessa espécie com outras aves.

### Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesses em relação à publicação deste artigo.

### Contribuições do autor

**Conceituação:** K. A. S. Viegas e A. L. Filadelpho. **Curadoria de dados:** K. A. S. Viegas, K. Padula. **Análise formal:** K. A. S. Viegas e A. L. Filadelpho. **Aquisição de financiamento:** A. L. Filadelpho. **Investigação:** K. Padula, E. H. Martins, L. E. C. S. Correia e J. All V. Silva. **Metodologia:** K. Padula, E. H. Martins, L. E. C. S. Correia e A. L. Filadelpho. **Administração do projeto:** A. L. Filadelpho. **Recursos:** J. All V. Silva e A. L. Filadelpho. **Supervisão:** A. L. Filadelpho. **Validação:** K. Padula, E. H. Martins e L. E. C. S. Correia. **Visualização:** KAS Viegas. **Redação (rascunho original):** K. A. S. Viegas e K. Padula. **Redação (revisão e edição):** K. A. S. Viegas.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista (UNESP), por todo o apoio neste estudo.

### Referências

1. Cubas ZS, Silva JCR, Catão-Dias JL. Tratado de Animais Selvagens. 2. ed. São Paulo: Roca; 2014. 272–353 p.
2. BirdLife International. BirdLife International. 2022 [cited 2023 Mar 20]. Red-winged Tinamou (*Rhynchotus rufescens*) - BirdLife species factsheet. Available from: <http://datazone.birdlife.org/species/factsheet/red-winged-tinamou-rhynchotus-rufescens>
3. O'Malley B. Clinical Anatomy and Physiology of Exotic Species. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders; 2005. 113–116 p. Available from: <https://doi.org/10.1016/B978-0-7020-2782-6.X5001-7>

4. Casteleyn C, Cornillie P, Van Cruchten S, Van den Broeck W, Van Ginneken C, Simoens P. Anatomy of the lower respiratory tract in domestic birds, with emphasis on respiration. *Anat Histol Embryol*. 2018;47(2):89–99. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29250822/>
5. Akester AR. The comparative anatomy of the respiratory pathways in the domestic fowl (*Gallus domesticus*), pigeon (*Columba livia*) and domestic duck (*Anas platyrhyncha*). *J Anat*. 1960 Oct;94(Pt 4):487. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1244348/>
6. Goodchild WM. Differentiation of the body cavities and air sacs of *Gallus domesticus* post mortem and their location in vivo. *Br Poult Sci*. 1970 Apr 1;11(2):209–15. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5420476/>
7. Onuk B, Haziroğlu RM, Kabak M. Gross anatomy of the respiratory system in goose (*Anser anser domesticus*): Bronchi and sacci pneumatici. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2009;56(3):165–70. Available from: <http://vetjournal.ankara.edu.tr/en/>
8. Araújo JM de, Roberto J, Junior K, Kastein P, Da F, Bianchi C, et al. Descrição anatômica topográfica dos sacos aéreos de patos, *Anas platyrhynchos* (Aves: Anseriformes). *Bioscience Journal*. 2014 Mar 24;30(3):810–5. Available from: <https://seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/19817>
9. Çevik-Demirkan A, Haziroğlu RM, Kürtül İ. Air sacs (Sacci pneumatici) in mallard ducks (*Anas platyrhynchos*). *Ankara Üniv Vet Fak Derg*. 2006;53:75–8. Available from: <http://vetjournal.ankara.edu.tr/tr/download/article-file/776412>
10. El-Bably SH, Rezk HM, Tolba AR. Gross morphological studies on the air sacs (Sacci pneumatici) of Golden Pekin duck (*Anas platyrhyncha*). *Haryana Veterinarian*. 2014;53(1):13–7. Available from: <https://www.luvas.edu.in/haryana-veterinarian/download/harvet2014/3.pdf>
11. King AS, Atherton JD. The identity of the air sacs of the turkey (*Meleagris gallopavo*). *Acta Anat (Basel)*. 1970;77(1):78–91. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/5504208/>
12. Ragab SA, Reem RT. Macroscopical anatomy of the air sacs of the turkey. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2016;3(8):149–59. Available from: <http://s-o-i.org/1.15/ijarbs-2016-3-8-25>
13. Rigdon RH, Ferguson TM, Feldman GL, Couch JR. Air Sacs in the Turkey. *Poult Sci*. 1958;37(1):53–60. Available from: <https://doi.org/10.3382/ps.0370053>
14. Deeming DC. The ostrich: biology, production and health. Wallingford (United Kingdom) and New York: CABI Publishing; 1999. 13–51 p. Available from: <https://lcn.loc.gov/99017680>
15. Bianchi P, Silvestre T, Junior JRK, Poscai AN, Leandro RM, Gonçalves PO. Relações topográficas dos sacos aéreos de codornas (*Coturnix coturnix*). *Ciência Animal Brasileira/Brazilian Animal Science*. 2016;17(2):279–84. Available from: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v17i231635>
16. Kürtül İ, Aslan K, Aksoy G, Özcan S. Morphology of the air sacs (sacci pneumatici) in the rock partridge (*Alectoris graeca*). *Vet Res Commun*. 2004;28(7):553–9. Available from: <https://doi.org/10.1023/B:VERC.0000042871.69978.f0>
17. Orhan İÖ, Kabak M, Oto Ç, Haziroğlu RM. Air sacs (sacci pneumatici) in the long-legged buzzard (*Buteo rufinus*). *Ankara Üniv Vet Fak Derg*. 2009;56:7–11. Available from: [https://doi.org/10.1501/Vetfak\\_0000002180](https://doi.org/10.1501/Vetfak_0000002180)
18. Gilbert PW. The avian lung and air-sac system. *Auk*. 1939;56(1):57–63. Available from: <https://doi.org/10.2307/4078361>
19. Müller B. Air sacs of the pigeon. *Smithsonian Miscellaneous Collections*. 1908;50:365–414. Available from: [https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/23319/SMC\\_50\\_Muller\\_1908\\_28\\_365-414.pdf](https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/23319/SMC_50_Muller_1908_28_365-414.pdf)
20. Gier HT. The air sacs of the loo. *Auk*. 1952;69(1):40–9. Available from: <https://doi.org/10.2307/4081291>
21. Jaifar SK, Sawad AA. Morphological study of air sacs (Sacci pneumatici) in white cheeked bulbul (*Pycnonotus leucotis*). *Basrah Journal of Veterinary Research*. 2016 Jul 25;15(4):185–93. Available from: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20173048471>
22. El-Sayed AK, Hassan S. Gross morphological features of the air sacs of the hooded crow (*Corvus cornix*). *Anat Histol Embryol*. 2020 Mar 1;49(2):159–66. Available from: <https://doi.org/10.1111/ahe.12504>

23. Capaverde-Jr UD, Lopes MD, Almeida NCV, Pathek DB. Wild animals collected by the Independent Company of Environmental Police Monte Roraima in urban area of Boa Vista. Brazilian Amazon Biota Amazônia. 2018;8(1):43–8. Available from: [https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNIFAP-3\\_013168198218644e05ffa7f7cd167114](https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNIFAP-3_013168198218644e05ffa7f7cd167114)
24. Lima RA, Silva SM. Survey of wild fauna in rehabilitation centre of environment military police battalion of 2010, 2011 and 2013 in the municipality of Candeias Jamari-RO. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. 2014 Apr 15;18(1):296–311. Available from: <https://doi.org/10.5902/2236117012289>
25. Tully TN, Dorrestein GM, Jones AK. Clínica de Aves. 2. ed. São Paulo: Elsevier Ltd; 2010. 150 p. Available from: [https://books.google.com.br/books/about/Cl%C3%ADnica\\_de\\_aves.html?id=YtCHmVISAKkC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.br/books/about/Cl%C3%ADnica_de_aves.html?id=YtCHmVISAKkC&redir_esc=y)
26. Maina JN. Development, structure, and function of a novel respiratory organ, the lung-air sac system of birds: to go where no other vertebrate has gone. Biol Rev Camb Philos Soc. 2006 Nov;81(4):545–79. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.05.005>
27. Maina JN. Spectacularly robust! Tensegrity principle explains the mechanical strength of the avian lung. Respir Physiol Neurobiol. 2007 Jan 15;155(1):1–10. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.resp.2006.05.005>
28. Maina JN. Perspectives on the Structure and Function of the Avian Respiratory System: Functional Efficiency Built on Structural Complexity. Frontiers in Animal Science. 2022 Apr 13;3:851574. Available from: <https://doi.org/10.3389/fanim.2022.851574>
29. Çevik-Demirkan A, Kürtül I, Haziroğlu RM. Gross morphological features of the lung and air sac in the Japanese quail. J Vet Med Sci. 2006 Sep;68(9):909–13. <https://doi.org/10.1292/jvms.68.909>
30. Sawad AA, Udah, AD. Morphological and histopathological study of air sacs (Sacci pneumatic) in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). MRVSA. 2012; 1(1), 50-56, 2012. Available from: <https://doi.org/10.22428/mrvsa.2307-8073.2012.00117.x>
31. Bezuidenhout AJ, Groenewald HB, Soley JT. An anatomical study of the respiratory air sacs in ostriches. Onderstepoort J Vet Res. 1999;66(4):317–25. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10689704/>
32. El-Sayed AK, Hassan S. Gross morphological features of the air sacs of the hooded crow (*Corvus cornix*). Anat Histol Embryol. 2020 Mar 1 [cited 2023 Jul 12];49(2):159–66. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31617250/>
33. BirdLife International. BirdLife International. 2020. *Alectoris graeca* (Rock Partridge). Available from: <https://www.iucnredlist.org/species/22678684/183062253>