

ANATOMIA COMPARADA DO SISTEMA CARDIOVASCULAR EM ANFÍBIOS, RÉPTEIS, AVES E MAMÍFEROS: REVISÃO DE LITERATURA

Bianca Miranda Moreira da Silva, Isabela Ferreira Patone, Gabrielly de Oliveira Pereira, Juliana Giuriatto Fornaciari, Leticia Gomes Maciel, Maria Aparecida da Silva, Felipe Berbari Neto.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Departamento de Medicina Veterinária, Alto Universitário, S/N, Guararema – 29500-000 – Alegre-ES, Brasil, biancammoreira@hotmail.com.br, isabelapatone@hotmail.com, gabriellyoliveira.p002@gmail.com, giuriattovet@gmail.com, lelegomesmaciel@gmail.com, mvmariaaparecida@gmail.com, berbarineto@hotmail.com

Resumo

O sistema cardiovascular, responsável pelo transporte de sangue, oxigênio e nutrientes, apresenta notável diversidade morfofuncional entre os animais vertebrados. O estudo desse sistema é fundamental para a compreensão das adaptações evolutivas e das estratégias metabólicas que possibilitaram a ocupação de distintos habitats. Objetiva-se apresentar um levantamento bibliográfico sobre a anatomia comparada do sistema cardiovascular em 4 diferentes classes de vertebrados: anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Para isso, foi realizado uma busca de artigos publicados entre 2007 e 2024, utilizando critérios de relevância e priorizando estudos que abordavam o tema de forma ampla e clara, sendo selecionados 10 trabalhos. Portanto, foi possível concluir que é de extrema importância reconhecer as variações presentes no sistema cardiovascular desses organismos, uma vez que apresentam diferenças significativas tanto na anatomia quanto no padrão de circulação entre as espécies.

Palavras-chave: Circulação. Coração. Vertebrados. Particularidades.

Área do Conhecimento: Ciências Biológicas – Anatomia.

Introdução

O estudo do sistema cardiovascular, chamado angiologia, engloba o sistema vascular linfático e o sanguíneo, podendo estender-se para órgãos como coração e baço. O sistema vascular sanguíneo é composto pelo coração e vasos, o primeiro sendo responsável pelo impulso do sangue pelo corpo e os segundos por distribuir o sangue através de artérias, arteríolas, capilares sanguíneos, vênulas e veias (Junqueira; Carneiro, 2023). As principais artérias originam-se do coração, com maior calibre, e afinam de acordo com suas ramificações pelos tecidos, tornando-se arteríolas que, além da condução sanguínea, são responsáveis pela regulação da pressão arterial. Ao tornarem-se extremamente delgadas, as arteríolas passam a se chamar capilares sanguíneos, uma rede complexa responsável pela troca de gases e nutrientes entre os vasos e os tecidos. Em seguida, inicia-se a convergência dos capilares, que passam a se chamar vênulas e, à medida que o calibre aumenta, veias. Estas últimas levam o sangue coletado dos tecidos até o coração, em um sistema de circulação fechado (Junqueira; Carneiro, 2023).

O sistema circulatório, apesar de não ser o primeiro a ser concluído no desenvolvimento fetal, é o primeiro a adquirir completa funcionalidade (Dyce; Sack; Wensing, 2016), sendo responsável pelo transporte de gases e nutrientes, como oxigênio, glicose e produtos da digestão, e encaminhamento destes compostos para órgãos ativos, tanto para uso metabólico quanto para armazenamento (Kardong, 2016). Ademais, também participa do processo de excreção de dióxido de carbono, resíduos nitrogenados, metabólicos e excesso de substâncias. Por fim, o sistema circulatório distribui calor pelo corpo, participando da regulação da temperatura corporal e transporte de hormônios e células do sistema imunológico, tendo um papel essencial para a manutenção da homeostase - equilíbrio - do organismo dos animais (Liem et al., 2014).

Este sistema complexo pode ser classificado de duas formas diferentes, quanto ao seu tipo de circulação, podendo ser aberto ou fechado, e de acordo com seu padrão de circulação, podendo ser

simples ou dupla. O sistema aberto refere-se ao processo do sangue, ou líquido circulante, abandonar os vasos condutores para cavidades no corpo, enquanto o fechado refere-se ao sangue circulando apenas dentro dos vasos sanguíneos, sem misturar-se com o líquido intersticial (Moreira, 2013). As 4 diferentes classes de animais vertebrados (anfíbios, répteis, aves e mamíferos), que serão abordadas no presente trabalho, possuem sistema circulatório fechado, considerado mais vantajoso em relação ao sistema aberto, visto que permite trocas gasosas mais eficientes e taxas metabólicas elevadas (Moreira, 2013).

Outra forma de classificação é quanto ao padrão da circulação. A maioria dos peixes possui circulação simples, na qual o sangue se move do coração para as brânquias, seguindo para os tecidos e regressando ao coração, sendo que, durante um circuito completo, o sangue passa apenas uma vez pelo coração. Os outros vertebrados possuem circulação dupla, na qual o sangue percorre dois circuitos diferentes, passando duas vezes pelo coração; primeiramente o sangue é bombeado do coração aos pulmões, retornando ao órgão de início após trocas gasosas - circulação pulmonar - e em seguida segue para o restante do corpo, realiza as trocas intersticiais, e regressa ao coração mais uma vez - circulação sistêmica (Kardong, 2016).

Diante ao exposto, o presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento bibliográfico sobre a anatomia comparada do sistema cardiovascular em anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Apesar de os peixes também integrarem o grupo dos vertebrados, optou-se por não incluí-los na análise, visto que a literatura disponível para esse grupo já é extensa e o foco do estudo recaiu sobre classes com maior diversidade de adaptações cardiovasculares terrestres. Assim, busca-se justificar a relevância do estudo destacando como as variações anatômicas refletem adaptações evolutivas relacionadas ao habitat, metabolismo e comportamento.

Metodologia

Este estudo fundamentou-se em um levantamento bibliográfico direcionado às classes Amphibia, Reptilia, Aves e Mammalia. Foram consideradas as ordens mais representativas, como Anura e Caudata (anfíbios), Squamata, Crocodylia e Testudines (répteis), diversas ordens de aves e diferentes ordens de mamíferos.

Procedeu-se à busca de material bibliográfico, priorizando-se publicações veiculadas nos últimos 10 anos (2015-2025). Porém, utilizou-se também trabalhos publicados em períodos anteriores, em virtude da relevância de seus dados. Foram consideradas publicações nos idiomas português e inglês. As pesquisas foram realizadas nas plataformas, Google Acadêmico, PubMed (PubMed Central®), Portal Periódicos CAPES e Scientific Electronic Library Online (SciELO), com os seguintes termos: "Anatomia cardiovascular de animais silvestres", "Wildlife cardiovascular anatomy", "Sistema cardiovascular de animais silvestres", "Wildlife cardiovascular system".

Foram encontrados 20 trabalhos, dos quais foram selecionadas 10 publicações. Foram incluídos apenas aqueles que descreviam aspectos anatômicos comparados, enquanto artigos que abordavam patologias ou enfoques clínicos foram excluídos.

Resultados

O levantamento bibliográfico resultou inicialmente em 20 publicações, das quais 5 artigos científicos e 5 livros foram selecionados após aplicação dos critérios de inclusão. Os artigos escolhidos abordavam de forma específica a anatomia comparada, enquanto os que tratavam de doenças foram descartados. Dos livros, foram selecionados capítulos voltados à anatomia funcional, fisiologia comparada e particularidades anatômicas do sistema cardiovascular dos vertebrados. A organização das obras utilizadas está descrita nas tabelas 1 e 2, em ordem cronológica.

Tabela 1 – Organização dos artigos utilizados no presente estudo com o título e autoria.

Autor(es)/ano	Título dos artigos
Tavano (2007)	Anatomia comparada do coração dos vertebrados: aspectos filogenéticos dos vertebrados e ontogenéticos da espécie humana.
Gomes <i>et al.</i> (2021)	Hematologia dos vertebrados: a série vermelha do sangue

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Lempek (2022)	Avaliação e determinação dos perfis cardiovasculares e laboratoriais da jiboia constritora (Boa constrictor) clinicamente saudável
Plá (2024)	Estudo comparativo de sistemas circulatórios animais como evidência evolutiva: uma articulação entre pesquisa, ensino e extensão
Moreira (2013)	Sistemas de transporte nos animais

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Tabela 2 – Organização dos livros utilizados no presente estudo com o título e autoria.

Autor(es)/ano	Título dos livros
Gasparotto (2011)	Fisiologia Animal Comparada
Hill; Wyse; Anderson (2012)	Fisiologia Animal
Liem <i>et al.</i> (2014)	Anatomia Funcional dos vertebrados
Cubas <i>et al.</i> (2014)	Tratado de Animais Selvagens-Medicina Veterinária
Kardong (2016)	Vertebrados - Anatomia Comparada Função e Evolução

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

Os vertebrados (filo Chordata) são representados por cinco classes em escala evolutiva: peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos (Gomes; Fodra; Massabni, 2021). São caracterizados por possuírem uma musculatura cardíaca para altas demandas metabólicas e células hematológicas especializadas para transporte de substâncias, como os glóbulos vermelhos (Tavano, 2007).

Os anfíbios pertencem à classe *Amphibia* e seu ciclo de vida é dividido em duas fases, aquática e terrestre. São animais ectotérmicos, dependentes do calor externo para a regulação da temperatura corporal, e realizam tanto a respiração pulmonar quanto a respiração cutânea, na qual as trocas gasosas ocorrem através da pele (Gomes; Fodra; Massabni, 2021). Além disso, possuem metabolismo relativamente baixo, o que reduz a necessidade de grandes quantidades de oxigênio para a manutenção das funções vitais (Liem et al., 2014).

A circulação dos anfíbios é dupla e fechada, com o coração tricavitário, formado por dois átrios e um ventrículo, que pode resultar na mistura no fluxo direcionado dos sangues venosos e arteriais, caracterizando um sistema incompleto (Plá, 2024). Os átrios esquerdos e direito são separados pelo septo interatrial, enquanto o ventrículo não possui divisão interna, embora apresente trabéculas que contribuem para a separação das correntes de sangue rica e pobre em oxigênio (Tavano, 2007). Internamente, os fluxos sanguíneos também são direcionados por uma válvula espiral que se localiza dentro do cone arterioso e bifurca o tronco arterioso em dois arcos: arco carotídeo e o arco sistêmico (Kardong, 2016).

O átrio direito recebe o sangue venoso proveniente da circulação sistêmica, bem como sangue parcialmente oxigenado oriundo da circulação cutânea, que são conduzidos ao ventrículo e, posteriormente, direcionado aos pulmões por meio da artéria pulmonocutânea, onde ocorre a oxigenação (Gomes; Fodra; Massabni, 2021). O átrio esquerdo recebe o sangue oxigenado, proveniente das veias pulmonares, que também é encaminhado ao ventrículo; em seguida, sua maior parte é distribuída aos tecidos sistêmicos pelo tronco arterioso e suas ramificações no arco sistêmico e carótido (Liem et al., 2014).

Algumas exceções ocorrem em determinados grupos, como a maioria das salamandras (*Plethodontidae*), que não possuem pulmões. Nesses animais, o septo interatrial é incompleto e as veias pulmonares estão ausentes, tornando a respiração cutânea essencial para a oxigenação (Gomes; Fodra; Massabni, 2021). Já em anfíbios que passam parte do tempo submersos, como as rãs, há um esfíncter localizado na base da artéria pulmonar que se contrai, reduzindo o fluxo sanguíneo para os pulmões e aumentando-o para a pele. Dessa forma, durante o período submerso, a redução da respiração pulmonar é compensada pela respiração cutânea (Kardong, 2016).

Os répteis são representados por Squamata (serpentes e lagartos), Crocodylia (crocodilos e jacarés) e Testudines (tartarugas). Trata-se de animais bem adaptados ao ambiente terrestre e possuem taxas metabólicas mais altas, realizando as trocas gasosas e o transporte de oxigênio e gás carbônico de

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

forma mais eficiente quando comparados com os anfíbios (Kardong, 2016). Diferentemente dos anfíbios, não realizam respiração cutânea, e a oxigenação ocorre exclusivamente pela circulação pulmonar, uma vez que não há ramificações da artéria pulmonar para a pele (Liem et al., 2014).

Os Testudines e Squamatas possuem dois átrios, direito e esquerdo, completamente separados pelo septo interatrial, além da presença de válvulas atrioventriculares (Lempek, 2022). O ventrículo corresponde a uma única câmara responsável por bombear o sangue para as principais artérias do coração. Internamente, essa cavidade é subdividida em três regiões: a cava venosa (cavae venosum), separada da cava pulmonar (cavae pulmonale) pela crista muscular; e a cava arterial (cavae arteriosum), que se conecta à cava venosa por meio do canal interventricular (Lempek, 2022; Kardong, 2016).

O cone arterioso, por sua vez, origina três grandes artérias: o tronco pulmonar, que se conecta à cavidade venosa, e os troncos aórticos direito e esquerdo, provenientes da cavidade venosa (Liem et al., 2014). A artéria braquiocéfálica, cuja função é conduzir sangue oxigenado às artérias subclávias e carótidas, geralmente deriva do arco aórtico direito; entretanto, em algumas espécies de quelônios, essa artéria pode emergir diretamente do ventrículo, juntamente com os demais troncos aórticos (Kardong, 2016).

Os répteis apresentam ainda a capacidade de modificar a distribuição do fluxo sanguíneo em situações de hipóxia. Quando submersos, a crista muscular cardíaca e as válvulas atrioventriculares permitem o desvio do sangue que ingressa na cavidade venosa para o lado oposto, direcionando-o predominantemente para o circuito sistêmico, em detrimento do pulmonar (Lempek, 2022). Esse mecanismo é possível devido à contração de um esfíncter localizado na base da artéria pulmonar, que aumenta a resistência vascular pulmonar. Assim, o sangue tende a seguir o trajeto de menor resistência, priorizando a circulação sistêmica (Kardong, 2016).

Em muitos aspectos, o coração e a circulação dos crocodilianos (jacarés, crocodilos e gaviais) assemelham-se aos dos demais répteis. Entretanto, apresentam diferenças anatômicas marcantes, sendo a principal delas a presença de um septo interventricular que divide completamente o ventrículo em duas câmaras independentes, direita e esquerda, impedindo a mistura de sangue nesse nível (Liem et al., 2014). Outra particularidade é que o arco aórtico esquerdo se origina do ventrículo direito, enquanto o arco aórtico direito tem origem no ventrículo esquerdo; ambos se comunicam por meio de um canal denominado forame de Panizza (Cubas; Silva; Catão-Dias, 2014).

Quanto à circulação, o átrio direito recebe sangue desoxigenado, ao passo que o átrio esquerdo recebe sangue oxigenado, conduzindo-os a seus respectivos ventrículos (Tavano, 2007). Durante a sístole ventricular, a pressão gerada no ventrículo esquerdo é superior à do ventrículo direito, de modo que o sangue oxigenado é direcionado ao arco aórtico direito. Contudo, devido à diferença de pressão entre os arcos, parte desse sangue passa, através do forame de Panizza, para o arco aórtico esquerdo. Esse mecanismo, além de permitir o fluxo entre os arcos, mantém as válvulas na base do arco esquerdo fechadas, de forma que o sangue desoxigenado do ventrículo direito seja direcionado unicamente ao tronco pulmonar (Liem et al., 2014; Kardong, 2016).

Um ponto de relevância em aves e répteis é a presença do sistema porta renal, que direciona parte do fluxo sanguíneo venoso dos membros posteriores ou das redes capilares na cauda para os rins antes de alcançar a circulação sistêmica (Cubas; Silva; Catão-Dias, 2014). Esse sistema está presente em todas as classes de vertebrados, exceto nos mamíferos, e alguns autores sugerem que representa uma maneira de melhorar a filtração renal (Kardong, 2016). Nos répteis e em alguns mamíferos, estruturas vasculares como a rete mirabile também são observadas, funcionando como uma rede de vasos que auxilia no controle térmico e na distribuição de sangue em regiões específicas (Hill; Wyse; Anderson, 2012).

O aparelho circulatório das aves é tão desenvolvido quanto o dos mamíferos e eles possuem a distinção de serem os vertebrados mais recentes a habitarem a terra. No entanto, as aves não dependem do ambiente externo como fonte de calor já que produzem o seu próprio, sendo conhecidas como homeotermos (Gomes; Fodra; Massabni, 2021). Além disso, possuem o metabolismo muito ativo e a necessidade de um coração e circulação eficientes para suprirem suas necessidades metabólicas (Gasparotto, 2011).

As aves possuem o coração com quatro cavidades, sendo dois átrios e dois ventrículos que são completamente divididos pelo septo interventricular. O seio venoso é reduzido e o cone arterioso origina o tronco pulmonar e um único tronco aórtico no ventrículo esquerdo que, diferente dos mamíferos, se curva à direita (Tavano, 2007). As artérias subclávias que abastecem os grandes músculos de voo e

da asa são bem desenvolvidas e volumes iguais de sangue são enviados para os pulmões e para o corpo (Kardong, 2016).

Os mamíferos, assim como as aves, são homeotérmicos, possuem ventilação contínua e aumento da atividade metabólica. O átrio direito está separado do ventrículo direito pela válvula tricúspide e o átrio esquerdo está separado do ventrículo esquerdo pela válvula mitral (Plá, 2024). O seio venoso é reduzido a uma porção de fibras de Purkinje tornando-se um nódulo sinoatrial que funciona como um marca-passo, permitindo um leve atraso na sístole e diástole atrial/ventricular a contração do coração como um todo (Kardong, 2016). Diferente das aves, seu único tronco aórtico no ventrículo esquerdo se curva à direita (Tavano, 2007).

A circulação das aves e dos mamíferos também funciona de forma similar. O sangue pobre em oxigênio chega ao átrio direito, é direcionado ao ventrículo e em seguida ao pulmão, através da artéria pulmonar. Depois que esse sangue é oxigenado, retorna ao coração pelas veias pulmonares até o átrio e ventrículo esquerdo, sendo direcionado para a circulação sistêmica pelos troncos aórticos (Kardong, 2016).

Conclusão

Conclui-se, a partir do estudo realizado sobre anatomia comparada de animais silvestres, que é de extrema importância reconhecer as variações presentes no sistema cardiovascular desses organismos, uma vez que apresentam diferenças significativas tanto na anatomia quanto no padrão de circulação entre as espécies.

Nesse contexto, destaca-se que, entre os grupos taxonômicos analisados, os anfíbios possuem circulação dupla e fechada, com coração tricavitário; a maioria dos répteis apresenta, igualmente, circulação dupla e fechada, porém com adaptações anatômicas específicas em seus diferentes subgrupos; enquanto aves e mamíferos exibem circulação dupla e fechada, associada a um coração tetracavitário.

Dessa forma, evidencia-se a relevância do estudo comparativo do sistema cardiovascular, visto que tais variações anatômicas e funcionais refletem adaptações evolutivas relacionadas ao habitat, ao metabolismo e ao comportamento, ressaltando a complexidade e a diversidade do sistema circulatório nos vertebrados.

Referências

CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens-Medicina Veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2014. 2492 p.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. **Tratado de anatomia veterinária**. 6. ed. Porto Alegre: ARTMED, 2016. 824 p.

GASPAROTTO, O. C. *et al.* **Fisiologia Animal Comparada**. Florianópolis: BIOLOGIA/EAD/UFSC, 2011. 238 p.

GOMES, L. G. O.; FODRA, J. D.; MASSABNI, A. C. Hematologia dos vertebrados: a série vermelha do sangue. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 24, n. 3, p. 227-243, 2021. Disponível em: <https://revistarebram.com/index.php/revistauniara/article/view/1160>. Acesso em: 02 set. 2025.

HILL, R. W.; WYSE, G. A.; ANDERSON, M. **Relações Térmicas**. In: *Fisiologia Animal*. 2. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2012. cap 9, p. 230-277. 920 p.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica: texto & atlas**. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2023. 592 p.

KARDONG, K. V. **Sistema Cardiovascular**. In: KARDONG, K. V. *Vertebrados - Anatomia Comparada Função e Evolução*. 7. ed. Rio de Janeiro: Roca, 2016. cap 12, p. 453-497. 824 p.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

LEMPEK, M. R. **Avaliação e determinação dos perfis cardiovasculares e laboratoriais da jiboia constritora (Boa constrictor) clinicamente saudável.** 2022. 94 f. Tese (Pós-Graduação em Ciência Animal - Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 2022. Disponível em: <https://vet.ufmg.br/wp-content/uploads/2022/12/Marthin-Raboch-Lempek-acesso-aberto.pdf>. Acesso em: 02. set. 2025.

LIEM, K. F. *et al.* **Anatomia Funcional dos Vertebrados: uma perspectiva evolutiva.** 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014. 560 p.

MOREIRA, Catarina. Sistemas de transporte nos animais. **Revista de Ciência Elementar**, v. 1, n. 1, 2013. Disponível em: <https://rce.casadasciencias.org/rceapp/art/2013/010/>. Acesso em: 02. set. 2025.

PLÁ, C. F. de. **Estudo comparado de sistemas circulatórios animais como evidência evolutiva: uma articulação entre pesquisa, ensino e extensão.** 2024. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2024. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/274737?locale-attribute=pt_BR. Acesso em: 02. set. 2025.

TAVANO, P. T. Anatomia comparada do coração dos vertebrados: aspectos filogenéticos dos vertebrados e ontogenéticos da espécie humana. **Anuário da Produção Acadêmica Docente**, v. 1, n. 1, p. 54-62, 2007. Disponível em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/622?locale=pt_BR. Acesso em: 02. set. 2025.