

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA**

**ANÁLISE E DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E
IMAGINOLÓGICA DO SISTEMA RESPIRATÓRIO DE
CASCVEL (*Crotalus durissus*)**

RAYRES SOARES GRACIA

Botucatu – SP

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**ANÁLISE E DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E
IMAGINOLÓGICA DO SISTEMA RESPIRATÓRIO DE
CASCABEL (*CROTALUS DURISSUS*)**

RAYRES SOARES GRACIA

Dissertação apresentada junto ao Programa
de Pós-Graduação em Animais Selvagens
para a obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. André Luis Filadelpho

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Gracia, Rayres Soares.

Análise e descrição macroscópica e imaginológica do sistema respiratório de cascavel (*Crotalus durissus*) / Rayres Soares Gracia. - Botucatu, 2024

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: André Luis Filadelpho

Capes: 50503022

1. Anatomia. 2. *Crotalus*. 3. Reptéis. 4. Cobras. 5. Aparelho respiratório.

Palavras-chave: Anatomia; Cascavel; Reptéis; Serpente; Trato respiratório.

Nome do autor: **Rayres Soares Gracia**

**TÍTULO: ANÁLISE E DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E IMAGINOLÓGICA DO
SISTEMA RESPIRATÓRIO DE CASCAVEL (*Crotalus durissus*)**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Titular Dr. André Luis Filadelpho

Presidente e Orientador

Departamento de Anatomia

Instituto de Biociências – UNESP – BOTUCATU

Prof. Dr. Elton Luís Ritir Oliveira

Departamento de Medicina Veterinária

Faculdade Gennari e Peartree

Prof. Dra. Jeana Pereira da Silva

Departamento de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal

FMVZ – UNESP

Data da Defesa: 12 de Julho de 2024

Agradecimentos

Inicialmente, agradeço a minha família pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida e especialmente na minha formação acadêmica.

Meus pais, Maria Lucilene Pereira Gracia e Carlos Henrique Gracia por não medirem esforços para que essa conquista se tornasse possível, me motivando a sempre ir atrás dos meus objetivos.

Minha irmã, Rayra Soares Gracia, por crescer comigo e dividir todos os momentos alegres e de dificuldades até aqui.

Minhas tias, Hilda, Zilda, Lourdes por serem integralmente presentes na minha vida, que a vida toda me permitiram estar conectada com a natureza, animais silvestres e que me deram asas para me tornar quem eu sou hoje.

Minhas melhores amigas, Anna Beatriz, Tamires, por sempre me escutarem, me alegrarem e acreditarem em mim mesmo quando eu não tinha certeza se tudo ia dar certo.

Minhas amigas e companheiras durante a graduação Fernanda, Mariana, por sempre me apoiarem por mais que tivesse escolhido uma área completamente diferente do que todo mundo escolhe, vocês foram essenciais na minha trajetória.

Aos amigos que fiz durante a minha trajetória estudando sobre a medicina de Animais Selvagens, Ana Luísa, Tainá, Sthephany, Ricardo.

Aos familiares e amigos queridos que sempre vibraram por cada conquista minha.

A Associação Brasileira de Veterinários de Animais Selvagens (ABRAVAS), por me nortear a ser uma profissional melhor.

Aos Veterinários Irma, Mariana, Hanna, Luna, Raphael, Bruno por me inspirarem a sempre buscar o meu melhor.

Ao Núcleo de Pesquisa de Animais Silvestres (NUPAS), no Centro de Reabilitação de Animais Silvestres (CRAS) da Universidade do Vale do

Paraíba (UNIVAP) por contribuir na minha trajetória profissional e me inspirar neste trabalho.

Ao Centro de Venenos e Animais Peçonhentos (CEVAP) por me fornecer material para tornar esta pesquisa possível.

Ao professor orientador André por toda paciência e orientação no desenvolvimento da dissertação.

Ao National Institute of Science and Technology of Science of Wildlife Animal (SWA) (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência dos Animais Selvagens/INCT-CAS), no qual faz parte o Centro de Estudo em Medicina e Pesquisa de Animais Selvagens (CEMPAS), Unesp - Campus Botucatu.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

Lista de figuras	i
RESUMO.....	iii
ABSTRACT	iv
Capítulo 1.....	1
1 CONSIDERAÇÕES.....	2
2 REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1 <i>Crotalus durissus</i>	2
2.2 Morfologia do sistema respiratório	3
2.3 Diagnóstico por imagem	5
2.4 Radiografia digital	5
2.5 Tomografia computadorizada	6
3 OBJETIVOS.....	7
4 REFERÊNCIAS	8
TRABALHO CIENTÍFICO	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	14
2.1 Aquisição de animais e protocolo ético	14
2.2 Método utilizado para avaliação	15
2.3 Análise macroscópica: necrópsia	15
2.4 Injeção de látex e bário	15
2.5 Avaliação por radiografia digital	16
2.6 Avaliação por tomografia computadorizada contrastada	16
3 RESULTADOS.....	16
3.1 Avaliação macroscópica por necropsia	16
3.2 Exame de radiografia digital	20
3.3 Exame de tomografia computadorizada	21
4 DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO.....	24
6 REFERÊNCIAS	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Exemplar de Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>), CRAS UNIVAP	3
Figura 2: Diagrama dos principais vasos sanguíneos em duas regiões do corpo. Ventrículo, fígado e rins são mostrados em preto; os átrios são pontilhados; e o pulmão vascular está sombreado. As abreviaturas dos vasos sanguíneos são ca, artéria carótida; da, aorta dorsal; icv, veia cava inferior; jv, veia jugular; hpv, veia porta hepática; laa, arco aórtico esquerdo; pa, artéria pulmonar; pv, veia pulmonar; raa, arco aórtico direito; va, artéria vertebral; vv, veia vertebral. Exemplar de Cobra rato (<i>Elaphe obsoleta</i>)	4
Figura 3: Anatomia do sistema respiratório em exemplar de Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).....	14
Figura 4: Área de transição de pulmão para saco aéreo, Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).	17
Figura 5: Exposição do trato respiratório de cascavel (<i>Crotalus durissus</i>) a partir do 3cm até 18cm	17
Figura 6: Exposição do pulmão traqueado de cascavel (<i>Crotalus durissus</i>) fora da cavidade celomática.	17
Figura 7: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).....	18
Figura 8: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).....	18
Figura 9: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).....	19
Figura 10: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).....	19
Figura 11: Identificação do trato respiratório, vesícula biliar, trato urinário e reprodutor de Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).....	19
Figura 12: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>).....	20
Figura 13: Molde em látex e bário evidenciando o trato respiratório de Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>) fora da cavidade celomática.	20
Figura 14: Radiografia digital em Cascavel jovem, nas projeções lateral esquerda (a) e dorsoventral (b).	21
Figura 15: Tomografia computadorizada em Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>) plano transversal.....	22

Figura 16: Radiografia digital de uma Píton indiana (<i>Phyton molurus</i>), projeção lateral.	23
Figura 17: Radiografia digital de uma Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>) para avaliação do sistema respiratório.....	23
Figura 18: Imagem de tomografia computadorizada em Píton indiana (<i>Phyton molurus</i>), plano transversal	24
Figura 19: Tomografia computadorizada de Cascavel (<i>Crotalus durissus</i>), plano transverso. Imagem A sem contraste, área de hipodensidade preenchida por ar. Imagem B com contraste preenchendo trato respiratório.....	24

GRACIA, R.S. Análise e descrição macroscópica e imaginológica do sistema respiratório de Cascavel (*Crotalus durissus*). Botucatu, 2024. 42p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O trabalho teve por objetivo realizar análise macroscópica e imaginológica do sistema respiratório de Cascavel (*Crotalus durissus*) por meio de necropsia, injeção de látex em peça necropsiada, exames radiográficos e de tomografia computadorizada. Foram utilizados 7 cascavéis, sendo uma necropsiada, uma realizada molde por injeção de látex, em três foram realizadas radiografia digital e em duas tomografias computadorizadas. Os resultados encontrados foram comparados com a literatura. As estruturas que compõem o sistema respiratório nestes animais compreenderam a glote, a traqueia, pulmão traqueado e saco aéreo. A avaliação macroscópica permite identificar todo trato respiratório da serpente, servindo como parâmetro para o exame de imagem, é possível avaliar o sistema respiratório pela radiografia digital e tomografia computadorizada.

Palavras-chave: Répteis, anatomia; trato respiratório; serpente.

GRACIA R.S. Macroscopic and imaging analysis and description of the respiratory system of Cascavel (*Crotalus durissus*). Botucatu, 2024. 42p. Dissertação (Mestrado em Animais Selvagens – Cirurgia) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

The objective of the work was to perform a macroscopic and imaging analysis of the respiratory system of the Cascavel (*Crotalus durissus*) through necropsy, latex injection into a necropsied specimen, radiographic and computed tomography examinations. Seven rattlesnakes were used, one of which was necropsied, one was molded by latex injection, digital radiography was performed on three and computerized tomography was performed on two. The results found were compared with the literature. The structures that make up the respiratory system in these animals include the glottis, trachea, tracheated lung and air sac. Macroscopic evaluation allows the snake's entire respiratory tract to be identified, serving as a parameter for imaging. It is possible to evaluate the respiratory system using digital radiography and computed tomography.

Key words: Reptiles, anatomy; respiratory tract; snake.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

CAPÍTULO 1

1 CONSIDERAÇÕES

De acordo com Barbosa (2020) o Brasil é o terceiro país maior em diversidade de répteis, existindo mais de 412 espécies distintas e aproximadamente 190 espécies de serpentes, a população desconhece a importância ecológica e farmacêutica desses animais.

O gênero *Crotalus* inclui 30 espécies, com aproximadamente 70 subespécies, que está distribuído geograficamente do Canadá ao norte da Argentina. A espécie *C. durissus* tem sua maior distribuição geográfica da Colômbia à Argentina. É uma serpente de hábitos terrestres, seu habitat natural são áreas secas, arenosas ou rochosas, florestas dispersas e matagais, não costuma ser agressiva e passa a maior parte do dia descansando, com mais atividade à noite (CAÑAS 2022).

Os répteis, bem como as serpentes não costumam manifestar sinais clínicos de afecções de modo geral, nem sempre é possível identificar uma doença por meio do exame físico, o que torna necessário o uso de ferramentas de diagnóstico por imagem (MATAYOSHI, 2011).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 *Crotalus durissus*

As *Crotalus durissus* (Figura 1) são serpentes peçonhentas que habitam campos e áreas de vegetação rasteira, matas da região sul, sudeste e centro oeste, possuindo grande distribuição territorial no Brasil e por toda América do Norte. Uma de suas principais características além de ser uma serpente peçonhenta é a presença de um guizo na porção final da cauda que avisa sua presença (GRECO, 2006).

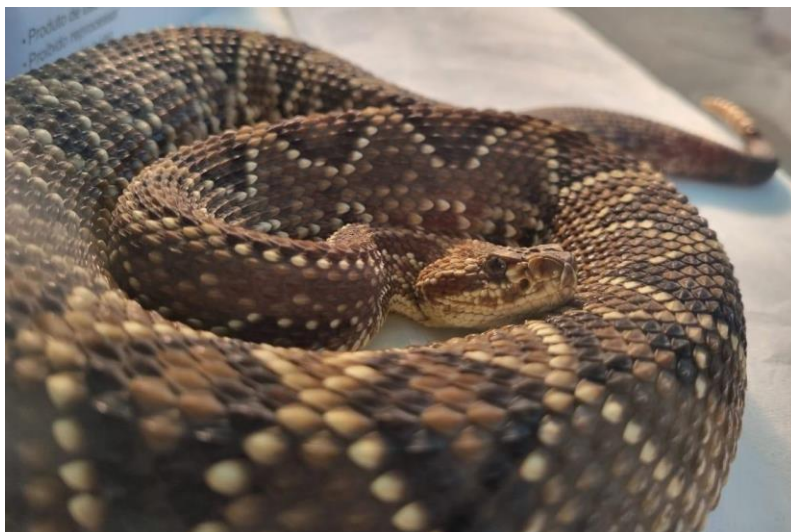


Figura 1 Exemplar de Cascavel (*Crotalus durissus*), CRAS UNIVAP.
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

Conforme Reptile database (2024) existem aproximadamente 4.100 espécies de serpentes espalhadas pelo mundo, porém apenas 17% delas são consideradas perigosas devido a sua peçonha. As serpentes possuem grande importância no controle biológico de pragas (como roedores) e na indústria farmacológica têm grande importância nos campos médico, farmacológico e toxicológico (ZACARIOTTI, 2004 apud MATAYOSHI, 2011). As toxinas ofídicas possuem importância farmacológica e são utilizadas no desenvolvimento de novos medicamentos e abordagens terapêuticas de doenças como câncer, hipertensão e trombose. Estudos presentes na literatura demonstram como funcionam as toxinas encontradas no veneno das serpentes. Muitas das substâncias agem na coagulação do sangue, na pressão arterial, na agregação plaquetária, na transmissão de impulsos nervosos (MARIA GABRIELLA CONCEIÇÃO, OLIVEIRA; LUIS LOPEZ MARTINEZ, 2023).

2.2 Morfologia do sistema respiratório

A classe Reptilia possui uma grande diversidade de espécies e com isso existem diversas adaptações e variações quando se estuda a morfologia e fisiologia do sistema respiratório (STUART, 2017). De acordo com Lillywhite (2014) o ar é respirado para dentro e para fora do sistema respiratório por meio de narinas, ou aberturas nasais, que são pareadas e chamadas de narinas externas. As passagens nasais se comunicam com o teto da faringe, de onde o ar passa para a traqueia pela glote.

A glote da serpente está localizada rostralmente na cavidade oral, permitindo a respiração ativa durante o consumo de alimentos. Essa particularidade permite a visualização direta e a intubação da traqueia na maioria das serpentes, seja acordada ou anestesiada. A traqueia possui anéis incompletos, em forma de C, e se insere no pulmão em um nível próximo à base do coração (Figura 2). Algumas espécies possuem um "pulmão traqueal" assim como o das cascavéis, para permitir a troca gasosa quando comprimido pela presa ingerida.

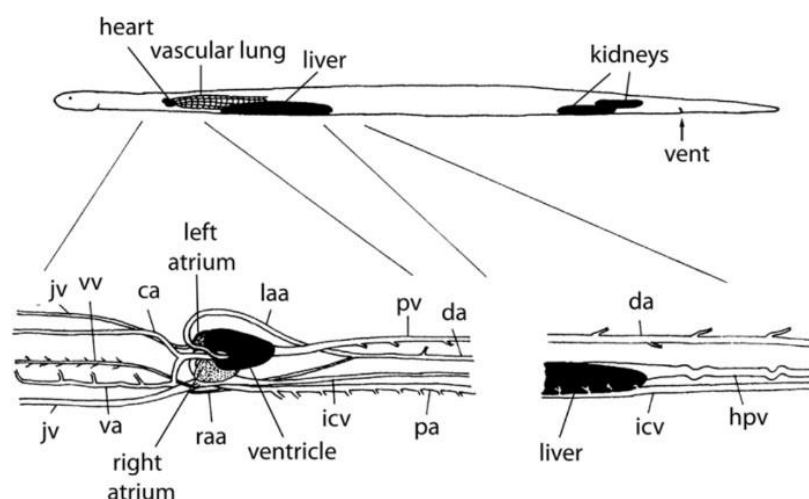


Figura 2: Diagrama dos principais vasos sanguíneos em duas regiões do corpo. Ventrículo, fígado e rins são mostrados em preto; os átrios são pontilhados; e o pulmão vascular está sombreado. As abreviaturas dos vasos sanguíneos são ca, artéria carótida; da, aorta dorsal; icv, veia cava inferior; jv, veia jugular; hpv, veia porta hepática; laa, arco aórtico esquerdo; pa, artéria pulmonar; pv, veia pulmonar; raa, arco aórtico direito; va, artéria vertebral; vv, veia vertebral. Exemplar de Cobra rato (*Elaphe obsoleta*).

Fonte: LILLYWHITE, 2014.

O pulmão tem apenas um lado funcional na maioria das espécies. O lado esquerdo é vestigial ou ausente, em espécies mais primitivas, como as jiboias (boidae) na qual ambos os pulmões estão presentes (MURRAY, ET AL., 2006).

Os pulmões da maioria das serpentes são divididos em duas partes. O primeiro terço é um pulmão de réptil em funcionamento típico. A porção caudal do pulmão é uma estrutura semelhante a um saco relativamente avascular, parecido ao saco aéreo de aves. O pulmão é unicameral e heterogêneo, com a porção cranial faveolar ou edicular, com uma zona de transição e uma porção caudal avascular. O brônquio se abre para o pulmão ao longo de seu trajeto, do início do pulmão até sua porção de transição (SEBBEN, A. ET AL., 2015)

O ciclo respiratório envolve componentes ativos e passivos. A expiração é controlada por grupos musculares dorsolateral e ventrolateral. O relaxamento dos músculos expiratórios resulta no primeiro componente da inspiração, um processo passivo, a elevação das costelas causada pela contração do músculo diminui a pressão intrapulmonar, resultando no ativo componente de inspiração. O processo final do ciclo respiratório, a expiração passiva, ocorre como resultado do relaxamento dos músculos inspiratórios e o recuo do pulmão (MURRAY, ET AL., 2006).

2.3 Diagnóstico por imagem

O diagnóstico por imagem é uma ferramenta muitas vezes subutilizada em serpentes. A radiografia e a ultrassonografia podem ser ferramentas úteis para determinar ou excluir diagnósticos diferenciais específicos na clínica desses animais. Modalidades avançadas de imagem, como tomografia computadorizada e ressonância magnética, também podem ser usadas, mas são frequentemente utilizadas com mais parcimônia por causa dos elevados custos e disponibilidade de acesso para a realização desses exames (TULLY, 2009).

2.4 Radiografia digital

Embora a imagem radiográfica do pulmão de répteis já tenha sido descrita, a radiografia é um exame relativamente insensível para o diagnóstico de infecções pulmonares. A razão para a dificuldade de diagnóstico de doença pulmonar em pacientes répteis é a severa soma dos campos pulmonares por outras estruturas do corpo. A maioria das alterações pulmonares observadas em répteis com doença pulmonar são observadas como densidades de tecidos moles que muitas vezes são inadequadamente diferenciadas. Estudos de imagem mais recentes mostraram que a tomografia computadorizada (TC) é uma modalidade muito promissora para avaliar o pulmão reptiliano (KRAUTWALD-JUNGHANNS, 2011).

2.5 Tomografia computadorizada

Conforme Krautwald-Junghanns (2011), a tomografia computadorizada é o método mais seguro e sensível para o diagnóstico de patologia pulmonar em répteis. Devido à baixa taxa respiratória das espécies de répteis, o trato respiratório raramente é registrado com artefatos. A tomografia computadorizada é adequada para serpentes e quelônios. Sendo superior à imagem radiográfica tradicional, pois as alterações patológicas podem ser localizadas com precisão em relação à sua distribuição e tamanho.

3 OBJETIVOS

O trabalho teve por objetivos descrever a morfologia do sistema respiratório da Cascavel (*Crotalus durissus*), utilizando dois tipos de técnicas:

3.1 Análise macroscópica: injeção de látex em peça necropsiada.

3.2 Avaliação por exame de imagem: radiografia digital e tomografia computadorizada.

3.1.1 Objetivos específicos

Auxílio no desenvolvimento da medicina de animais silvestres, aprofundando o conhecimento de anatomia e diagnóstico por imagem para possíveis intervenções clínicas e cirúrgicas em serpentes.

4 REFERÊNCIAS

BARBOSA N.V, ET AL. OFIDIOFAUNA EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO: PESQUISA E AÇÕES EDUCATIVAS PARA CONSERVAÇÃO. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 3, p. 61–77, 17 dez. 2020.

CAÑAS, C.A. Biological and Medical Aspects Related to South American Rattlesnake *Crotalus durissus* (Linnaeus, 1758): A View from Colombia. *Toxins* **2022**, *14*, 875. <https://doi.org/10.3390/toxins14120875>

GREGO K.F, ET AL. Squamata (Serpentes) In: Cubas ZS. et al. Tratado de Animais Selvagens – Medicina Veterinária. 2 ed. São Paulo: Editora Roca; 2007; p186-191.

LILLYWHITE, H. B. How snakes work: structure, function, and behavior of the world's snakes. New York: Oxford University Press, 2014.

KRAUTWALD-JUNGHANNS M.E; BARTELS, T; AL, E. Diagnostic imaging of exotic pets: birds, small mammals, reptiles. Hannover: Schlutersche, 2011.

MARIA GABRIELLA CONCEIÇÃO; OLIVEIRA, M.; LUIS LOPEZ MARTINEZ. O potencial terapêutico das toxinas ofídicas brasileiras e as pesquisas clínicas para o desenvolvimento de novos medicamentos / The therapeutic potential of Brazilian snake toxins and clinical research for the development of new drugs. Arquivos Médicos dos Hospitais e da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, 19 jul. 2023.

MATAYOSHI, P. M. Caracterização ultrassonográfica, morfofisiológica do sistema reprodutor de machos e fêmeas de *Crotalus durissus terrificus*. 2011. 93 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2011.

MARIA-ELISABETH KRAUTWALD-JUNGHANNS, MICHAEL PEES, SVEN REESE, THOMAS TULLY - Diagnostic Imaging of Exotic Pets_ Birds, Small Mammals, Reptiles (Vet S) -Schluetersche (2011)

MURRAY M.J, ET AL. Cardiopulmonary Anatomy and Physiology In: Mader DR. et al. Reptile Medicin and Surgey 2ed. EUA: Elsevier. 2006; p 124-134.

NOGUEIRA, MÁRCIA FURLAN. Estudo de Paramyxovirus, Mycoplasma e de bacilos Gram-negativos no trato respiratório de serpentes *Crotalus durissus terrificus*. 2004. 184 f. Tese(doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, 2004.

SCHUMACHER, J. (2011). Respiratory medicine of reptiles. Veterinary clinics of north America: exotic animal practice, 4, 207-224.

Sebben, A. *et al*. Sistemas cardiovascular e respiratório. Lacy Lb, UNB, 2015.

Stuart, J. B. A. P. Descrição do sistema respiratório do jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonaria*, Spix, 1824): aspectos radiográficos, tomográficos e anatômicos. Universidade Estadual Paulista, 2017.

TULLY, M. Manual of Exotic Pet Practice. Elsevier. 2009

ZACARIOTTI, R.L. Estudo longitudinal do espermograma e dos níveis de testosterona sérica de cascavel (*Crotalus durissus terrificus*, Laurenti, 1768) proveniente da natureza do estado de São Paulo. 2004. 80p. Dissertação (Mestrado - Reprodução Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

UETZ P.; AGUILAR F. & HOSEK J. The Reptile Database. Último acesso: maio 2024.

ARTIGO CIENTÍFICO: trabalho a ser enviado para a REVISTA UNIVAP, vinculada a Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP). A revista publica semestralmente trabalhos de caráter científico interdisciplinar, de divulgação de pesquisas e estudos acadêmicos, e tem como objetivo dar visibilidade à tríplice missão da universidade, que é proporcionar ensino, pesquisa e extensão, de modo indissociável.

Instruções para os autores em:
<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/normas>

TRABALHO CIENTÍFICO

ANÁLISE E DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA E IMAGINOLÓGICA DO SISTEMA RESPIRATÓRIO DE CASCAVEL (*CROTALUS DURISSUS*).

MACROSCOPIC AND IMAGING ANALYSIS AND DESCRIPTION OF THE RESPIRATORY SYSTEM OF CASCAVEL (*CROTALUS DURISSUS*).

Rayres Soares Gracia¹
André Luis Filadelpho²

RESUMO - O trabalho teve por objetivo realizar análise macroscópica e imaginológica do sistema respiratório de Cascavel por meio de necropsia, injeção de látex em peça necropsiada, exames radiográficos e de tomografia computadorizada. Foram utilizados 7 cascavéis (*Crotalus durissus*), sendo uma necropsiada, uma realizada molde por injeção de látex, em três foram realizadas radiografia digital e em duas tomografias computadorizadas. Os resultados encontrados foram comparados com a literatura. As estruturas que compõem o sistema respiratório nestes animais compreenderam a glote, a traqueia, pulmão traqueado e saco aéreo.

Palavras-chave: Répteis, anatomia; trato respiratório; serpente.

ABSTRACT - The objective of the work was to perform a macroscopic and imaging analysis of the Cascavel's respiratory system through necropsy, latex injection into a necropsied specimen, radiographic and computed tomography examinations. Seven rattlesnakes (*Crotalus durissus*) were used, one of which was necropsied, one was molded by latex injection, digital radiography was performed on three and computed tomography was performed on two. The results found were compared with the literature. The structures that make up the respiratory system in these animals include the glottis, trachea, tracheated lung and air sac.

Key words: Reptiles, anatomy; respiratory tract; snake.

1 INTRODUÇÃO

A *Crotalus durissus* conhecida popularmente como cascavel é uma serpente nativa das regiões brasileiras áridas e semi-áridas do Nordeste e em áreas abertas do Sul, Sudeste e Nordeste. Uma das suas principais características é a presença de um guizo na extremidade da cauda e a presença de escamas cobrindo a região dorsal da cabeça. A espécie faz parte da classe Reptilia, pertencente à ordem Squamata, subordem Ophidia. O gênero *Crotalus* está classificado na infra-ordem Alethinophidia, superfamília Colubroidea, família Viperidae que se divide em 202 diferentes espécies de serpentes peçonhentas (Nogueira, 2004).

O trato respiratório dos répteis é completamente diferente dos mamíferos, tendo diversas particularidades entre as diferentes espécies de testudines, lagartos, ofídios e crocodilianos (Murray, 2006).

De acordo com Schumacher (2011) os répteis não possuem diafragma como os mamíferos, portanto, a força para mover o ar durante a inspiração e a expiração vem do movimento dos músculos respiratórios, como o intercostal, musculatura peitoral e abdominal causando alterações na pressão intrapulmonar.

Nas serpentes a posição do coração e dos pulmões é variável. Os pulmões são alongados e se estendem por cerca de dois terços do celoma. Em Viperidae (Figura 3), como a cascavel, o pulmão direito constitui um complexo pulmonar anterior, que ocupa a porção cranial, anterior ao coração, a porção caudal é avascular, o pulmão esquerdo é vestigial em *Crotalus durissus* (Sabben, 2015).

Esta pesquisa teve como intuito descrever a anatomia morfológica e imaginológica do sistema respiratório da cascavel, visto que não existem muitos estudos caracterizando sua anatomia e fisiologia, dessa forma contribuindo para fomentar a pesquisa e possíveis diagnósticos clínicos.

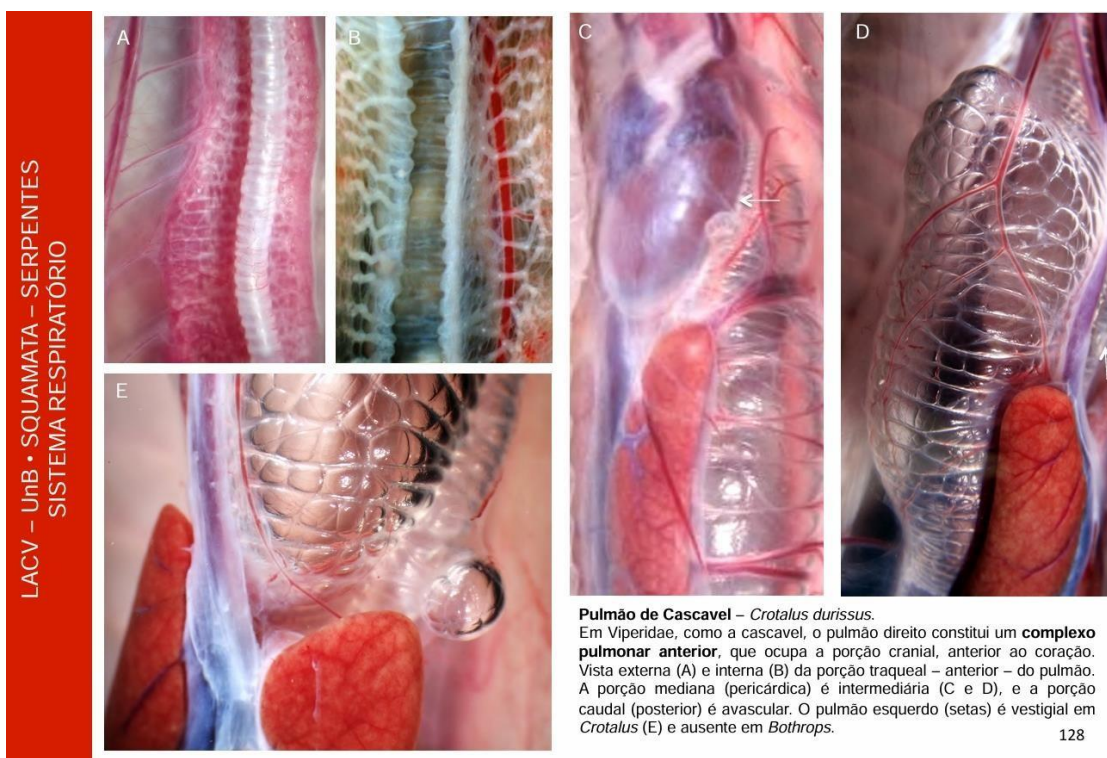


Figura 3: Anatomia do sistema respiratório em exemplar de Cascavel (*Crotalus durissus*).

Fonte: Sabben, 2015.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Aquisição de animais e protocolo ético

Para a realização das técnicas descritas, houve aprovação do Comitê de Ética para Uso de Animais (CEUA) sob protocolo 0243/2022. Todas as etapas do projeto foram documentadas com fotos.

2.2 Método utilizado para avaliação

A descrição anatamomorfológica foi realizada em 7 indivíduos da espécie *Crotalus durissus*, variando entre procedimento necroscópico para análise macroscópica do sistema respiratório de um exemplar, injeção de látex e bário em um exemplar, radiografia digital em três exemplares, tomografia computadorizada em dois exemplares.

Neste estudo, os indivíduos de *Crotalus durissus* que realizaram a análise macroscópica após necropsia e as radiografias digitais são provenientes do Centro de Reabilitação de Animais Silvestres (CRAS) da Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), campus São José dos Campos-SP, realizada pela Médica Veterinária radiologista Irma Tereza Hofacker Wuol.

Os indivíduos que realizaram a tomografia computadorizada e a injeção de látex e bário são provenientes do CEVAP (Centro de Estudos de Venenos e Animais Peçonhentos). Os procedimentos de injeção de látex e exame de tomografia foram realizados na UNESP - Botucatu.

Para avaliação comparativa dos exames de imagem (radiografia digital e tomografia computadorizada) foi utilizado Maria-Elisabeth Krautwald-Junghanns Et. Al, 2011 como referência.

2.3 Análise macroscópica: necropsia

Necropsia realizada em 1 indivíduo jovem através de incisão ventral do celoma, foi rebatido escamas, pele e musculatura para evidenciar os componentes do sistema respiratório das demais estruturas em sintopia.

2.4 Injeção de látex e bário

Para a técnica de injeção de sulfato de bário e látex, o indivíduo estudado foi descongelado e submetido ao preenchimento de todo sistema respiratório por meio de uma sondagem traqueal para o depósito da suspensão que foi tingida com tinta de cor azul, a injeção foi realizada até obter resistência do embolo dessa forma preenchendo o trato respiratório.

2.5 Avaliação por radiografia digital

O equipamento digital é da marca Poskom Vet emissor 20 bt, placa DR Tech Exprimer EVS. Foi utilizado para obtenção das imagens radiográficas com a técnica de 65 KV e 1,6mAs, distância do filme de 100 cm.

Foi realizada a radiografia do celoma com as serpentes esticadas nos decúbitos ventral para obtenção da projeção dorsoventral e lateral direita e esquerda para as projeções laterais. As imagens foram obtidas e analisadas em formato DICOM, através do programa RadiAnt. Foi avaliado a topografia dos órgãos que compõem o sistema respiratório das serpentes.

2.6 Avaliação por tomografia computadorizada contrastada

A avaliação imaginológica foi realizada por meio de exame de tomografia computadorizada com e sem contraste, comparando os resultados com o estudo macroscópico da necropsia.

O equipamento utilizado foi Tomografo helicoidal SCT-7800 TC (Shimadzu; kyoto, Japão) com os parâmetros de 120kVp, xxmA, pitch de 1,5 e 2mm de espessura.

As imagens tomográficas foram adquiridas nos cortes transversais nos filtros pulmonar e de tecidos moles e transferidas para reconstrução multiplanares (MPR), em cortes sagital e dorsal (3D, Voxel).

Foram obtidas as imagens do sistema respiratório, incluindo a traqueia, coração, pulmão e sacos aéreos, as quais foram analisadas por meio do sistema RadiAnt DICOM.

3 RESULTADOS

3.1 Avaliação macroscópica por necropsia

Por meio da necropsia foi possível realizar a avaliação macroscópica das estruturas (Figura 4, 5, 6), destacando toda extensão do trato respiratório da cascavel, que se inicia na traqueia que se conecta com os pulmões e se ramifica em saco aéreo ao chegar no terço médio da

serpente, próximo do fígado e termina na região proximal do sistema urinário e reprodutor.



Figura 4: Área de transição de pulmão para saco aéreo, Cascavel (*Crotalus durissus*).
Fonte: Arquivo pessoal, 2022.



Figura 5: Exposição do trato respiratório de cascavel (*Crotalus durissus*) a partir do 3cm até 18cm.
Fonte: Arquivo pessoal, 2022.



Figura 6: Exposição do pulmão traqueado de cascavel (*Crotalus durissus*) fora do celoma.
Fonte: Arquivo pessoal, 2022.

3.2 Avaliação por injeção de látex e bário

A utilização de molde de sulfato de bário e látex permite avaliar toda extensão do trato respiratório da serpente, observando que existe ramificação e comunicação entre pulmão e saco aéreo vestigial (Figura 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13) por todo celoma, que também faz sintopia com coração, fígado, vesícula biliar e trato reprodutor e urinário.



Figura 7: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (*Crotalus durissus*), vista ventral.
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

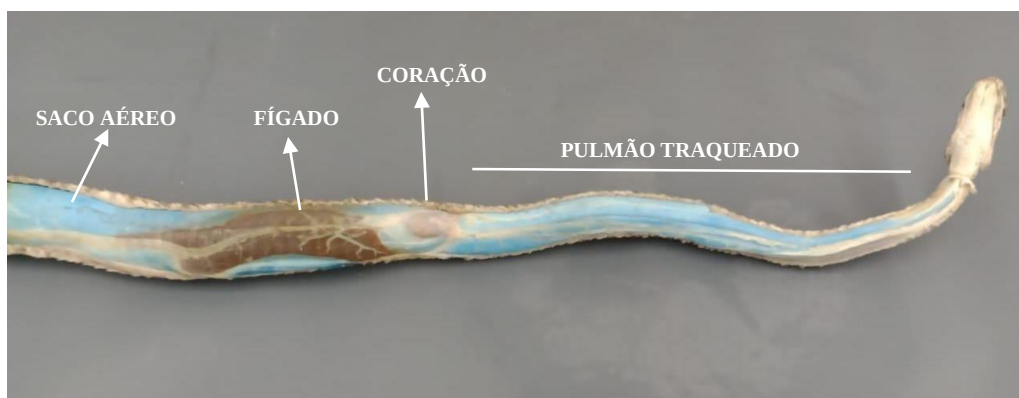


Figura 8: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (*Crotalus durissus*), vista ventral.
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

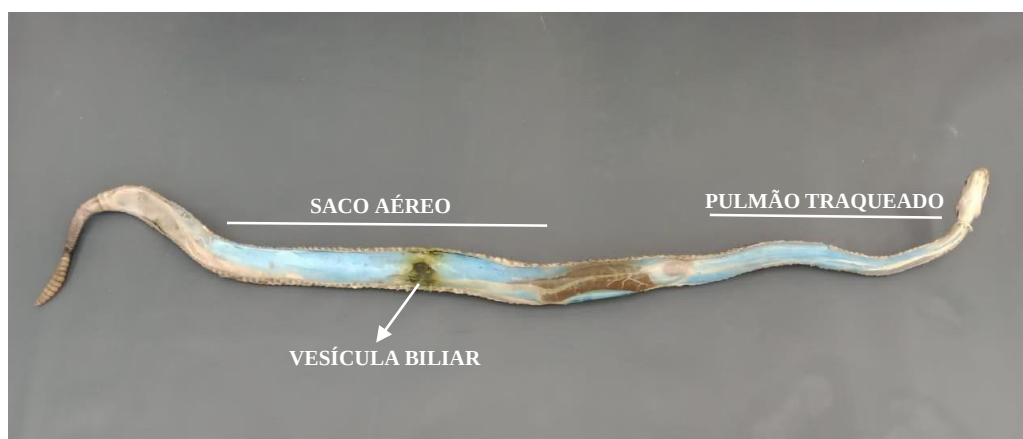


Figura 9: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (*Crotalus durissus*), vista ventral.
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

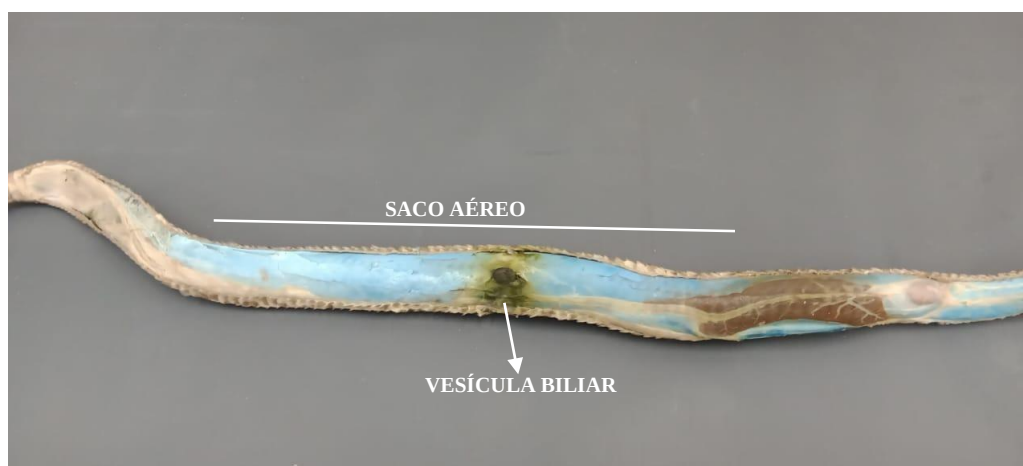


Figura 10: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (*Crotalus durissus*), vista ventral.
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

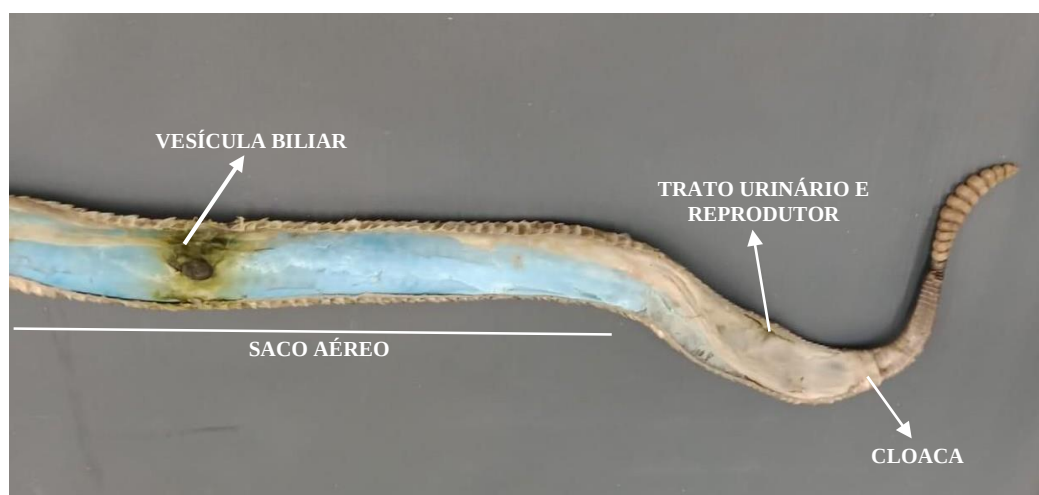


Figura 11: Identificação do trato respiratório, vesícula biliar, trato urinário e reprodutor de Cascavel (*Crotalus durissus*), vista ventral.
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.



Figura 12: Injeção de sulfato de bário e látex para identificação do trato respiratório em Cascavel (*Crotalus durissus*), vista ventral.
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

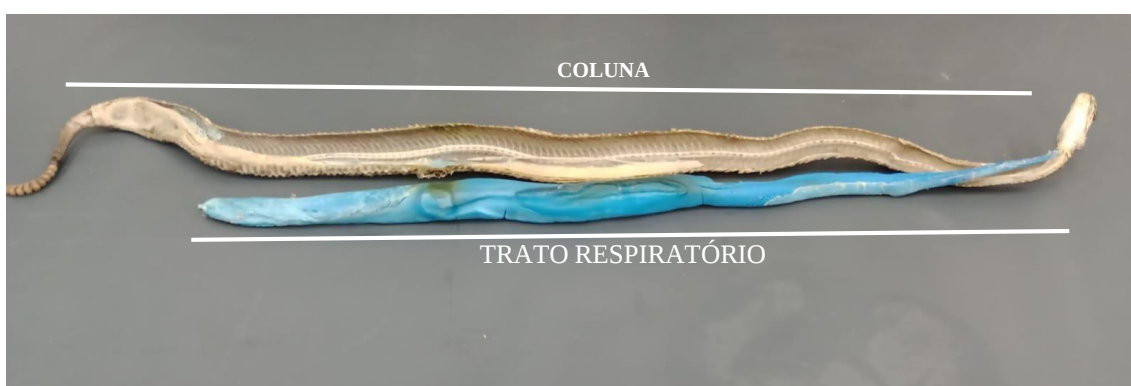


Figura 13: Molde em látex e bário evidenciando o trato respiratório de Cascavel (*Crotalus durissus*) fora do celoma, vista ventral.
Fonte: Arquivo pessoal, 2023.

3.2 Exame de radiografia digital

A partir da radiografia digital (Figura 14) também foi possível realizar a avaliação do sistema respiratório, observando que as áreas de radiotransparência correspondem a área preenchida por ar, onde é possível avaliar toda extensão do pulmão traqueado da serpente que se inicia antes da inserção da base do coração e depois se ramifica em saco aéreo.

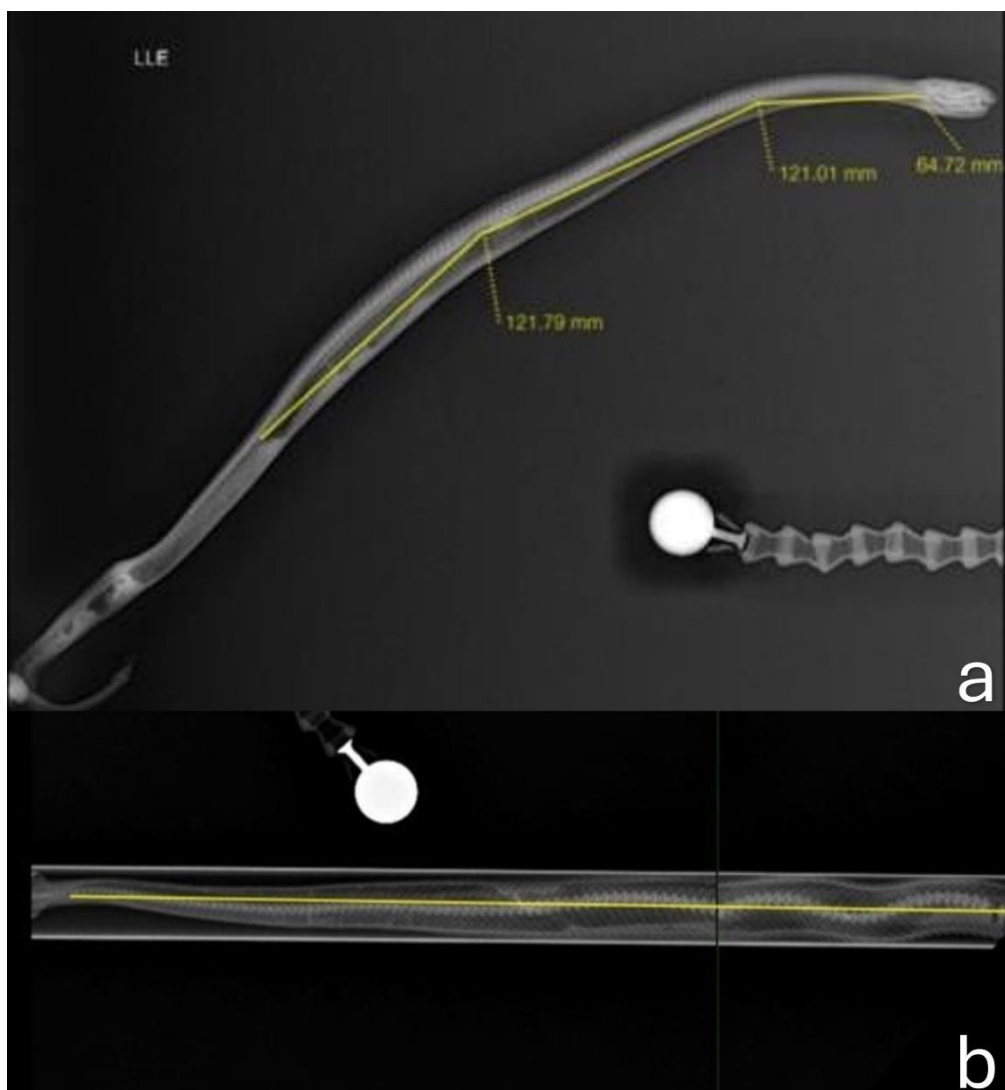


Figura 14: Radiografia digital de uma Cascavel jovem, nas projeções lateral esquerda (a) e dorsoventral (b).

3.3 Exame de tomografia computadorizada

Com o exame de tomografia computadorizada em dois indivíduos foi observado que dependendo do corte (imagem) obtida não é possível individualizar o sistema respiratório das demais vísceras que fazem sobreposição dentro do celoma (Figura 15), se fazendo necessário a injeção de contraste para diferenciar as estruturas.

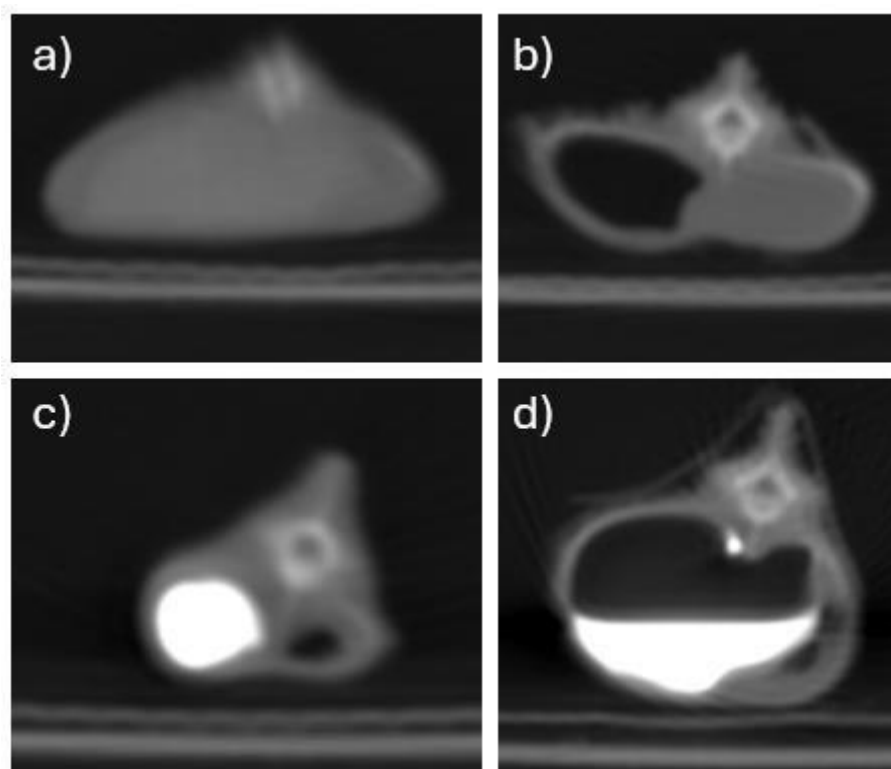


Figura 15: Tomografia computadorizada em Cascavel (*Crotalus durissus*) plano transverso. **A** imagem sem contraste mostra que não é possível diferenciar o sistema respiratório do sistema digestório. **B** imagem sem contraste, mas área de hipodensidade correspondente ao trato respiratório. **C** e **D** preenchimento do sistema respiratório com contraste.

4 DISCUSSÃO

A avaliação macroscópica por meio da necropsia e injeção de látex e bário são técnicas precisas que caracterizam o sistema respiratório da serpente. A técnica de exposição do trato respiratório por meio de necropsia é amplamente utilizada na medicina veterinária (SABBEN, 2015).

A utilização de látex e bário é interessante porque evidencia toda extensão do trato respiratório da serpente, inclusive a porção entre o segundo e terceiro terço da serpente onde fica localizado o saco aéreo que muitas vezes a olho nu ou por exame de imagem dependendo da técnica empregada não vai conseguir ser identificado ou vai apresentar sobreposição com as demais vísceras do celoma. Esta técnica permite a individualização do trato respiratório dos demais sistemas, chegando até os sacos aéreos vestigiais.

O sistema respiratório é diferente quando comparamos, aves, répteis e mamíferos. Nas aves os pulmões são pequenos e compactos, não se

expandem para serem capazes de gerar a aerodinâmica do voo, possuem ligação com os sacos aéreos, que atuam como reservatório e se comunicam com brônquios e pulmões durante o ciclo respiratório (ARAÚJO, J. M. et al., 2014).

Conforme Sabben (2015) os lagartos possuem pulmões uni ou multicamerais, já as serpentes possuem em sua maioria pulmão direito e esquerdo (que é vestigial em algumas espécies), os mamíferos tem pulmões alveolar, onde ocorre expansão e troca gasosa.

As técnicas de radiografia digital e tomografia computadorizada utilizadas para avaliação do sistema respiratório descritas por MARIA-ELISABETH KRAUTWALD-JUNGHANNS ET.AL, 2011, são amplamente utilizadas na rotina para diagnóstico de afecções do trato respiratório e também foram reproduzidas neste trabalho comparando o que é descrito em literatura para o exame de radiografia digital (Figura 16) com o exame realizado nos exemplares de cascavel (Figura 17).

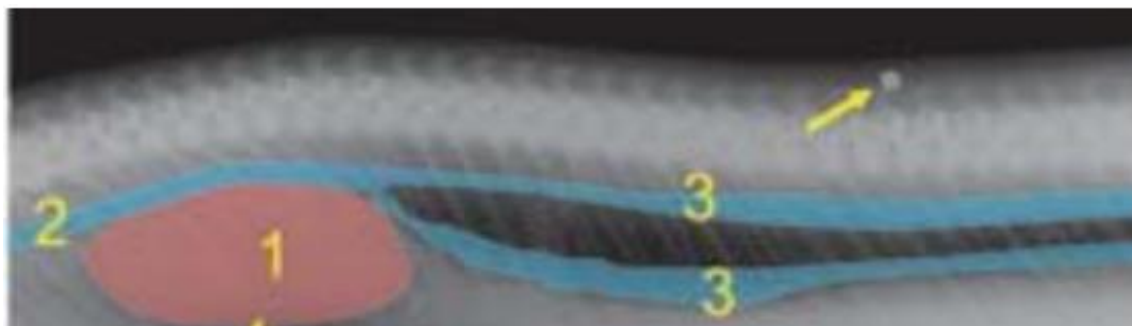


Figura 16: Radiografia digital de uma píton indiana (*Python molurus*), projeção lateral. 1. Coração; 2. Traquéia, 3. Pulmões. O epitélio respiratório torna-se mais fino à medida que se estende em direção caudal e não está mais presente na região do saco aéreo. Fonte: Maria-Elisabeth Krautwald-Junghanns Et.AL, 2011.

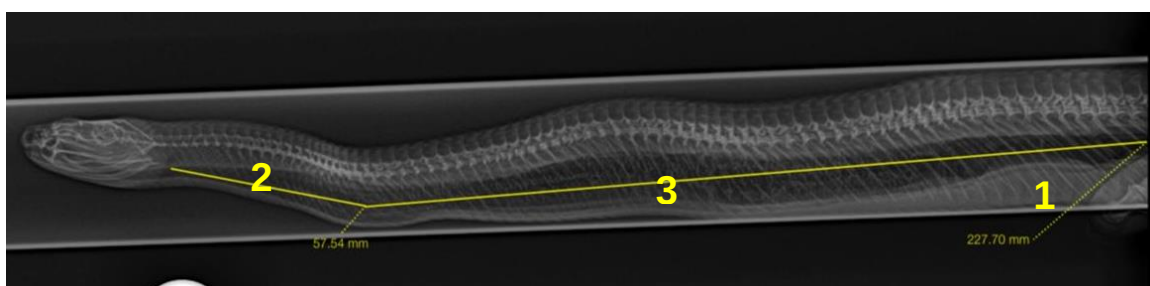


Figura 17: Radiografia digital de uma Cascavel (*Crotalus durissus*) para avaliação do sistema respiratório. Projeção lateral esquerda. 1. Coração; 2. Traquéia; 3. Pulmão direito.

Fonte: Acervo pessoal, 2022.

O exame de tomografia computadorizada também foi utilizado para avaliar o que é descrito em literatura (Figura 18) na avaliação do sistema respiratório e comparado no exame realizado nos exemplares de cascavel (Figura 19).

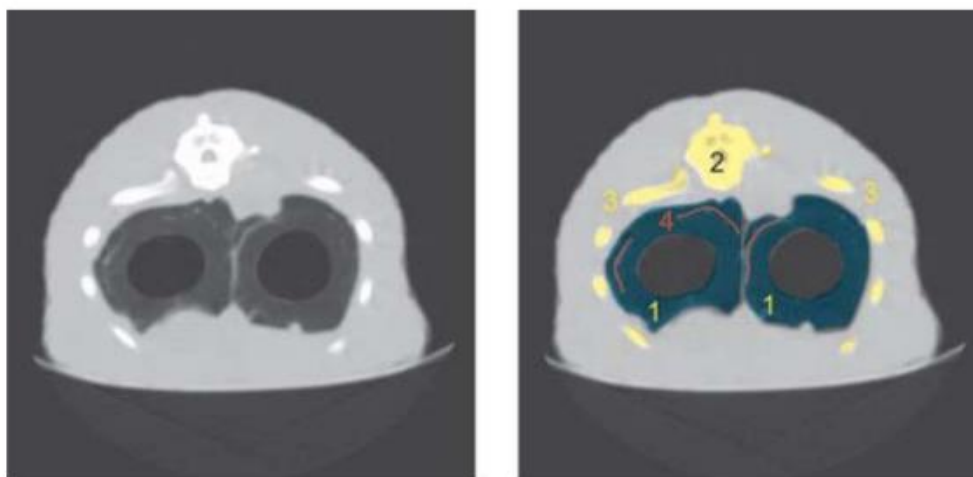


Figura 18: Imagem de tomografia computadorizada em Píton indiana (*Phyton molurus*), plano transversal. 1. Epitélio respiratório; 2. Corpo vertebral; 3. Costelas; 4. Vasos sanguíneos. Fonte: MARIA-ELISABETH KRAUTWALD-JUNGHANNS ET.AL,2011.

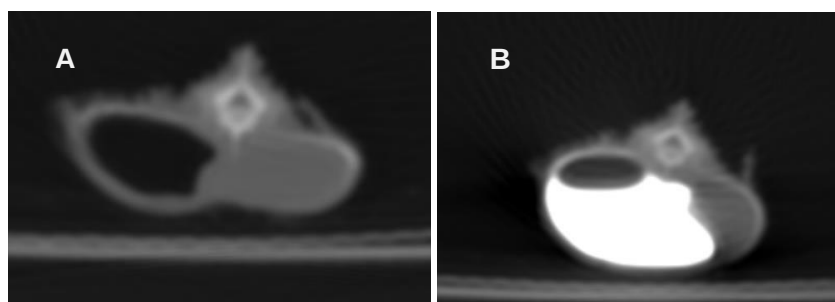


Figura 19: Tomografia computadorizada de Cascavel (*Crotalus durissus*), plano transverso. Imagem A sem contraste, área de hipodensidade preenchida por ar. Imagem B com contraste preenchendo trato respiratório.

É importante ressaltar que para avaliação dos exames de imagem existem vários fatores que precisam ser analisados, como a diferença anatômica entre a espécie estudada e o material disponível em literatura, relação entre tamanho dos indivíduos avaliados, interferência da realização do exame em animal vivo e cadáver porque muda completamente aspectos de vascularização que vão refletir diretamente na imagem do exame.

5 CONCLUSÃO

A literatura referente à anatomia do sistema respiratório das serpentes é muito rica, porém quando se trata de diagnóstico por imagem é

relativamente limitada e ao se delimitar o assunto a serpentes peçonhentas esse material é mais escasso. A utilização da radiografia digital é mais acessível se comparada à tomografia computadorizada, e também menos invasiva, visto que para realização do exame apenas a contenção com tubo em um animal vivo viabiliza o exame. A tomografia computadorizada é o exame de escolha para avaliar o sistema respiratório dos répteis por ser um exame mais sensível que apresenta maior detalhamento na imagem, mas possui custo elevado e risco para sua execução.

Se faz necessários mais estudos para aperfeiçoar os métodos de diagnóstico por imagem do sistema respiratório, principalmente quando se trata do animal vivo, visto que a anestesia expõe o animal a um risco para realização do procedimento. Existem poucos trabalhos que se referem ao sistema respiratório das serpentes, especialmente quando se trata de

serpentes peçonhentas. Esses animais também são realidade na rotina nos centros de reabilitação de animais silvestres, o que demonstra a importância de mais estudos como este.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. DE et al. Descrição anatômica topográfica dos sacos aéreos de patos, *Anas platyrhynchos* (Aves: Anseriformes). **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 810–815, 24 mar. 2014.

Grego K.F, et al. Squamata (Serpentes) In: Cubas ZS. et al. Tratado de Animais Selvagens – Medicina Veterinária. 2 ed. São Paulo: Editora Roca; 2007; p186-191.

Lillywhite, H. B. How snakes work: structure, function, and behavior of the world's snakes. New York: Oxford University Press, 2014.

Krautwald-Junghanns M.E; Bartels, T; Al, E. Diagnostic imaging of exotic pets: birds, small mammals, reptiles. Hannover: Schlutersche, 2011.

Maria Gabriella Conceição; Oliveira, M.; Luis Lopez Martinez. O potencial terapêutico das toxinas ofídicas brasileiras e as pesquisas clínicas para o desenvolvimento de novos medicamentos / The therapeutic potential of Brazilian snake toxins and clinical research for the development of new drugs. Arquivos Médicos dos Hospitais e da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo, 19 jul. 2023.

Matayoshi, P. M. Caracterização ultrassonográfica, morfofisiológica do sistema reprodutor de machos e fêmeas de *Crotalus durissus terrificus*. 2011. 93 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2011.

Maria-Elisabeth krautwald-Junghanns, Michael Pees, Sven Reese, Thomas Tully - Diagnostic Imaging of Exotic Pets_ Birds, Small Mammals, Reptiles (Vet S) - Schluetersche (2011)

Murray M.J, et al. Cardiopulmonary Anatomy and Physiology In: Mader DR. et al. Reptile Medicine and Surgery 2ed. EUA: Elsevier. 2006; p 124-134.

Nogueira, Márcia Furlan. Estudo de Paramyxovirus, Mycoplasma e de bacilos Gram-negativos no trato respiratório de serpentes *Crotalus durissus terrificus*. 2004. 184 f. Tese(doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu, 2004.

Schumacher, J. (2011). Respiratory medicine of reptiles. Veterinary clinics of north America: exotic animal practice, 4, 207-224.

Sebben, A. *et al.* Sistemas cardiovascular e respiratório. Lacy Lb, UNB, 2015.

Stuart, J. B. A. P. Descrição do sistema respiratório do jabuti-piranga (*Chelonoidis carbonaria*, Spix, 1824): aspectos radiográficos, tomográficos e anatômicos. Universidade Estadual Paulista, 2017.

TULLY, M. Manual of Exotic Pet Practice. Elsevier. 2009

Zacariotti, R.L. Estudo longitudinal do espermograma e dos níveis de testosterona sérica de cascavel (*Crotalus durissus terrificus*, Laurenti, 1768) proveniente da natureza do estado de São Paulo. 2004. 80p. Dissertação (Mestrado - Reprodução Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

UETZ P.; AGUILAR F. & HOSEK J. The Reptile Database. Último acesso: maio 2024.