

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 24/02/2027.

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

**IMPACTO DO FORMATO E DIMENSÃO DA TRAQUEOSTOMIA
PERMANENTE NA DINÂMICA DO FLUXO AÉREO EM MODELO
EXPERIMENTAL EQUINO**

RAÍSSA CUSIN MACHADO

Botucatu, SP
Fevereiro – 2026

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

**IMPACTO DO FORMATO E DIMENSÃO DA TRAQUEOSTOMIA
PERMANENTE NA DINÂMICA DO FLUXO AÉREO EM MODELO
EXPERIMENTAL EQUINO**

Dissertação apresentada junto ao
Programa de Pós-graduação em
Biotecnologia Animal para obtenção do
título de Mestre.

Raíssa Cusin Machado

Orientador: Prof. Dr. Marcos Jun
Watanabe

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Plana
Simões

Botucatu, SP
Fevereiro – 2026

FICHA CATALOGRÁFICA

M149i Machado, Raíssa Cusin
Impacto do formato e dimensão da traqueostomia permanente na dinâmica do fluxo aéreo em modelo experimental equino / Raíssa Cusin Machado. -- Botucatu, 2026
58 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu
Orientador: Marcos Jun Watanabe
Coorientador: Rafael Plana Simões

1. Equino. 2. Traqueostomia. 3. Simulação. 4. Fluxo de ar. I.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

Nome da autora: Raíssa Cusin Machado

Título: TRAQUEOSTOMIA PERMANENTE EM EQUINOS: ASPECTOS SOBRE AS COMPLICAÇÕES PÓS-OPERATÓRIAS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcos Jun Watanabe

Presidente e Orientador

Departamento de Cirurgia Veterinária e Reprodução Animal, FMVZ - UNESP - Botucatu/SP

Prof. Dra. Juliana de Moura Alonso

Membro da banca

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS - Porto Alegre

Prof. Dr. Rodrigo Romero Corrêa

Membro da banca

Departamento de Cirurgia Veterinária, FMVZ - USP - São Paulo

Data da defesa: 24 de fevereiro de 2026.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos à Pós-Graduação e à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia pela oportunidade de realizar este trabalho.

Ao meu orientador, Professor Marcos Jun Watanabe, pela orientação, incentivo e dedicação durante as etapas da pesquisa.

Ao meu coorientador, Professor Rafael Plana Simões, por abraçar esta ideia desde o início, oferecendo suporte e fundamentação essencial para a concretização deste estudo. Estendo também meus agradecimentos aos colaboradores do Departamento de Bioprocessos e Biotecnologia da Faculdade de Ciências Agronômicas – UNESP, cuja contribuição, por intermédio do Professor Rafael, foi indispensável para a realização desta pesquisa.

Agradeço, ainda, o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), Código de Financiamento 001.

Por fim, mas não menos importante, ao meu esposo Jean Ricardo Ferreira Machado, pelo auxílio prestado, apoio e compreensão em todas as etapas deste processo.

*“Vitorioso não é aquele que vence os outros, mas o que
vence a si mesmo, dominando seus vícios e superando os
seus defeitos...”*

André Luiz/Chico Xavier

RESUMO

MACHADO, R.C. **Impacto do formato e dimensão da traqueostomia permanente na dinâmica do fluxo aéreo em modelo experimental equino.** Botucatu – SP. 2026. 58 p. Dissertação – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

A traqueostomia permanente é um procedimento utilizado em equinos que apresentam obstruções respiratórias superiores, quando outros tratamentos não são eficazes, promovendo um caminho alternativo para a passagem de ar. Entretanto, mudanças na dinâmica do fluxo aéreo causada pelo formato do estoma podem contribuir para modificações estruturais ao longo do tempo, incluindo processos de estenose do estoma. Entender os aspectos biomecânicos envolvidos nesse processo é essencial para o aprimoramento das técnicas cirúrgicas. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de diferentes formatos de estoma na distribuição da velocidade do fluxo aéreo durante os momentos de inspiração e expiração, através de um modelo experimental in vitro. Cinco modelos de traqueia equina foram produzidos por impressão tridimensional (50cm), contendo estomas nos formatos: retangular (GR), losango menor (GLMe), losango maior (GLMa), gota menor (GGMe) e gota maior (GGMa). Cada estoma foi subdividido em regiões proximal, central e distal, a partir de marcações com linhas de costura. A velocidade do ar (m/s) foi medida em cada região durante ciclos simulados de inspiração e expiração, com duração de 60 segundos, acoplado a uma seringa de calibração de fluxometro, tracionando e comprimindo para simular a respiração, utilizando sensor digital. Foram analisadas 2.832 medições, com velocidade média de $1,68 \pm 0,59$ m/s, mediana de 1,67 e intervalo interquartil de 0,76. A análise estatística, realizada por meio de modelos lineares mistos e teste de Tukey, revelou diferenças estatisticamente significativas entre os formatos de estoma e as regiões avaliadas ($p < 0,05$), bem como interação significativa entre forma e região. Em ambos os momentos respiratórios, os grupos GGMe, GLMa e GLMe apresentaram velocidades superiores ao grupo controle, enquanto o grupo GGMa exibiu valores mais baixos na maioria das regiões analisadas. Os padrões observados foram semelhantes durante a inspiração e a expiração, indicando que a geometria do estoma influencia a dinâmica do escoamento independentemente da direção do fluxo. Nas condições experimentais avaliadas, conclui-se que o formato do estoma exerce influência significativa sobre a distribuição da velocidade do ar, podendo impactar o comportamento biomecânico das traqueostomias permanentes em equinos. Esses achados contribuem para a compreensão dos efeitos da geometria do estoma e podem auxiliar no desenvolvimento de abordagens cirúrgicas mais favoráveis à manutenção da permeabilidade respiratória.

Palavras-chave: estoma traqueal; fisiologia respiratória; modelo computacional; modelos 3D; traqueostomia equina.

ABSTRACT

MACHADO, R.C. **Impact of Permanent Tracheostomy Configuration and Dimensions on Airflow Dynamics in an Experimental Equine Model.** Botucatu – SP. 2026. 58 p. Dissertação – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Permanent tracheostomy is a procedure used in horses with upper airway obstruction when other treatments are ineffective, providing an alternative pathway for airflow. However, changes in airflow dynamics caused by stoma shape may contribute to structural modifications over time, including the development of stoma stenosis. Understanding the biomechanical aspects involved in this process is essential for improving surgical techniques. The present study aims to evaluate the effect of different stoma shapes on the distribution of airflow velocity during the inspiratory and expiratory phases using an in vitro experimental model. Five equine trachea models (50 cm) containing stomas in the following shapes: rectangular (RG), small diamond (SDG), large diamond (LDG), small teardrop (STG), and large teardrop (LTG). Each stoma was subdivided into proximal, central, and distal regions using suture-line markings. Airflow velocity (m/s) was measured in each region during simulated inspiratory and expiratory cycles lasting 60 seconds, coupled to a flowmeter calibration syringe, with traction and compression movements applied to simulate respiration, using a digital sensor. A total of 2,832 measurements were analyzed, with a mean velocity of 1.68 ± 0.59 m/s, median of 1.67, and interquartile range of 0.76. Statistical analysis, performed using mixed linear models and Tukey's test, revealed statistically significant differences among stoma shapes and regions ($p < 0.05$), as well as a significant interaction between shape and region. In both respiratory phases, the small teardrop group (STG), large diamond group (LDG), and small diamond group (SDG), groups showed higher velocities than the control group, whereas the large teardrop group (LTG) group exhibited lower values in most analyzed regions. Similar patterns were observed during inspiration and expiration, indicating that stoma geometry influences airflow dynamics regardless of flow direction. Under the experimental conditions evaluated, it is concluded that stoma shape significantly affects airflow velocity distribution and may influence the biomechanical behavior of permanent tracheostomies in horses. These findings contribute to the understanding of the effects of stoma geometry and may assist in the development of surgical approaches that better preserve airway patency.

Keywords: tracheal stoma; respiratory physiology; computacional modeling; 3D models; equine tracheostomy.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

- Figura 1 – Técnica de traqueostomia permanente em equinos, conforme descrita por McClure et al. (1995, p. 231–234). Reproduzido de MCCLURE, S. R. et al., 1995 7
- Figura 2 -Técnica de traqueostomia permanente em equinos, conforme descrita por Prange (2019) 8

Capítulo 2

- Figura 1 – Ensaio de impressão realizado através do software Prusa Slicer, com as medidas reais dos tubos. 24
- Figura 2 – Tubos impressos com a segunda parte fixada, demonstrando ainda o anel reforçando a união entre as partes, e o estoma localizado na área central do tubo. 25
- Figura 3 – Seringa de calibração de fluxômetro. 25
- Figura 4 – Tubos com linhas na cor preta demarcando quadrantes de aproximadamente 1×1 cm em toda a área do estoma, para a separação e em sequência, encaixe do aparelho FS3000 para avaliação da velocidade do ar. 26
- Figura 5 – Posicionamento do sensor FS3000 em um quadrado de 1×1 cm, delimitado por linha de costura preta, no estoma retangular de 3×6 cm. 27
- Figura 6 – Representação esquemática dos formatos geométricos dos estomas. As linhas vermelhas delimitam as regiões analisadas, classificadas como proximal (P), central (C) e distal (D). 28
- Figura 7 – Velocidade média do ar (m/s) nos diferentes formatos de estomas (GGMa, GGMe, GLMa, GLMe e GR), nas regiões proximal, central e distal, durante os momentos de inspiração (gráfico superior) e expiração (gráfico inferior). Os valores representam média ± desvio padrão. O grupo GR corresponde ao grupo controle. 33
- Figura 8 - GR – Campo de vorticidade com maior concentração nas bordas laterais e na borda proximal, apresentando valor máximo de 8,31 s⁻¹. 34
- Figura 9 – GGMe: Campo de vorticidade com concentração predominante na região proximal, apresentando valor máximo de 75,81 s⁻¹. 34
- Figura 10 – GGMa: Campo de vorticidade concentrado na região proximal, com valor máximo de 29,56 s⁻¹. 35
- Figura 11 – GLMe: Campo de vorticidade distribuído ao redor das bordas laterais, distal e proximal, com valor máximo de 14,02 s⁻¹. 35
- Figura 12 – GGMa: Campo de vorticidade distribuído ao longo de todas as bordas do estoma, com maior intensidade nas regiões distal e proximal, apresentando valor máximo de 12,66 s⁻¹. 36

LISTA DE SIGLAS

DDPM: deslocamento dorsal do palato mole

DFC: dinâmica dos fluidos computacional

GGMa: grupo gota maior

GGMe: grupo gota menor

GLMa: grupo losango maior

GLMe: grupo losango menor

GR: grupo retângulo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Enfermidades do trato respiratório anterior.....	4
2.1.1. Cicatriz nasofaríngea	4
2.1.2. Condrite aritenoide	4
2.1.3. Hemiplegia laríngea	4
2.1.4. Enfermidades da traqueia	5
2.2. Indicações cirúrgicas de traqueostomia permanente.....	5
2.3. Técnicas de traqueostomia provisória em equinos	6
2.4. Traqueostomia permanente	7
2.5. Complicações pós-operatórias	8
2.6. Manejo pós-operatório	9
2.7. Prognóstico	10
2.8. Uso de modelos físicos e computacionais	10
2.9. Dinâmica de fluidos.....	11
2.10. Novas tecnologias e perspectiva	12
2.11. Aspectos legais do bem-estar animal.....	12
2.12. Considerações epidemiológicas.....	13
3. HIPÓTESE E OBJETIVOS.....	14
3.1. Hipótese.....	14
3.2. Objetivo geral.....	14
3.3. Objetivos específicos	14
4. REFERÊNCIAS.....	15
CAPÍTULO 2	19
ANEXOS.....	42

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Como consequência da evolução humana, a domesticação dos equinos segue superando e ultrapassando barreiras, transformando-o em um completo atleta, promovendo excelência e desempenho cada vez melhor em diversas modalidades de esporte, gerando comprometimento com a cultura e economia. O que torna o cavalo dependente deste mérito é principalmente seu sistema locomotor, cardiovascular e respiratório, atuando em sintonia (HILGERT, 2021).

O papel das vias aéreas é ceder a passagem de ar, permitindo a troca gasosa nos pulmões, levando oxigênio aos tecidos. À medida que o ar adentra as vias aéreas, sua temperatura se ajusta à temperatura corporal interna e o ar é umidificado (COUETIL & HAWKINS, 2013).

Para determinar o volume de ar inspirado por minuto é preciso saber a frequência respiratória, que varia conforme o estado em que o animal se encontra, se em repouso ou exercício e consequente consumo de oxigênio (KLEIN, 2014). Em repouso, os equinos usam cerca de 10% da capacidade respiratória, e em sua máxima exigência de atividade chegam a usar 100% de sua capacidade (COUETIL & HAWKINS, 2013).

O volume corrente, também denominado volume tidal, corresponde ao volume de ar que é inspirado e expirado dos pulmões durante o ciclo respiratório. Estudos indicam que, equinos com peso entre 450 e 500 kg, esse volume pode variar de 4 a 8 L em repouso, de 9 a 13L durante o trote e de 12 a 15L em galope intenso (BURNHEIM et al., 2016; LEKEUX & HODGSON, 2014).

O processo da inspiração e expiração necessitam de desempenho muscular, sendo que na inspiração a contração muscular ocorre principalmente pelo diafragma e pelos músculos intercostais, expandindo o pulmão e diminuindo a pressão interna, permitindo a entrada de ar. A expiração, no entanto, conta com o aumento da pressão alveolar e relaxamento da musculatura (KLEIN, 2014).

Anatomicamente o trato respiratório inclui a cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos. A cavidade nasal, faringe e laringe correspondem a maior parte da resistência ao fluxo de ar (50-70%), uma vez que atuam como filtro de partículas maiores ao mesmo tempo em que umidificam e aquecem o ar (STICK; PRANGE, 2018).

Desta forma, em situações nas quais a cavidade nasal, faringe e laringe são parcial ou totalmente alteradas, como nas traqueostomias permanentes, ocorre alteração na dinâmica do fluxo aéreo, com redistribuição das forças mecânicas ao longo da traqueia e do estoma. Nesse contexto, fatores biomecânicos, como a distribuição de ar intratraqueal gerada durante a respiração, podem contribuir para a deformação progressiva do estoma, reforçando a necessidade de aprimoramento da técnica cirúrgica e de estudos que avaliem a influência dos diferentes formatos de estoma na manutenção da via aérea em traqueostomias permanentes em equinos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A traqueia é composta por quatro camadas histológicas: mucosa, submucosa, túnica cartilaginosa e adventícia. A mucosa é formada por epitélio pseudoestratificado cilíndrico ciliado, cuja lâmina própria consiste em tecido conjuntivo frouxo, rico em fibras elásticas e glândulas seromucosas, responsáveis pela formação da camada mucosa e pela defesa local. A camada submucosa contém fibras elásticas e células adiposas, enquanto a túnica cartilaginosa é constituída por cartilagem hialina associada à musculatura traqueal. Externamente, a traqueia apresenta camada adventícia, composta por tecido conjuntivo, que a conecta às estruturas adjacentes, incluindo músculos cervicais. (SISSON & GROSSMAN, 1986; JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2013; KÖNIG & LIEBICH, 2016).

A traqueia abrange a região da laringe até o hilo pulmonar, sendo composta por uma parte cervical e a outra torácica. Com dimensões nos equinos adultos, em média possui de 5 a 6 cm de diâmetro e de 75 a 80 cm de comprimento distribuídos em cerca de 48 a 60 anéis traqueais, dos quais os primeiros 25 a 30 estão localizados em sua porção extratorácica e a partir do 27º em sua porção intratorácica. O anel traqueal é incompleto dorsalmente, sendo a abertura ocupada pela membrana traqueal (HODGSON & ROSE, 2014). Organizados por cartilagem hialina, os anéis são ligados uns aos outros pelo ligamento anular traqueal. Em sua porção cervical mantém formato cilíndrico, mas em sua porção dorsal dispõe em forma achatada devido a musculatura. Ventral à traqueia cervical estão os músculos esternotireoideo e esterno-hioideo. (RUSH & MAIR, 2004; ART & LEKEUX, 1991, KLEIN, 2014)

4. REFERÊNCIAS

LEMAN, M. et al. Tracheal collapse in American miniature horses: 13 cases (1985–2007). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 233, n. 8, p. 1302–1306, 2008.

ART, T.; LEKEUX, P. Mechanical properties of the isolated equine trachea. **Research in Veterinary Science**, London, v. 51, n. 1, p. 55–60, 1991.

BARNETT, T. P.; HAWKES, C. S.; DIXON, P. M. Tracheal resection and anastomosis after traumatic tracheal stenosis in a horse. **Veterinary Surgery**, Hoboken, v. 44, n. 2, p. 265–269, 2015.

BRASIL. Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008. Dispõe sobre procedimentos para o uso científico de animais. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2008.

BURNHEIM, K.; HUGHES, K. J.; EVANS, D. L.; RAIDAL, S. L. Reliability of breath-by-breath spirometry and relative flow-time indices for pulmonary function testing in horses. **BMC Veterinary Research**, London, v. 12, art. 268, 2016. DOI: 10.1186/s12917-016-0893-3.

CHESEN, A. B.; RAKESTRAW, P. C. Indications for and short- and long-term outcome of permanent tracheostomy performed in standing horses: 82 cases (1995–2005). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 232, n. 9, p. 1352–1356, 2008.

COUËTIL, L. L.; HAWKINS, J. F. Abnormal respiratory sounds. In: COUËTIL, L. L.; HAWKINS, J. F. **Respiratory diseases of the horse: a problem-oriented approach to diagnosis and management**. Boca Raton: CRC Press, 2013. p. 151-200.

DIXON, P. M. Tracheostomy in the horse. **In Practice**, Oxford, v. 10, p. 249–253, 1988.

DIXON, P. M. et al. Laryngeal paralysis: a study of 375 cases in a mixed-breed population of horses. **Equine Veterinary Journal**, Oxford, v. 33, n. 5, p. 452–458, 2001.

DRAPER, A. C. E.; PIERCY, R. J. Pathological classification of equine recurrent laryngeal neuropathy. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 32, n. 4, p. 1397–1409, 2018. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6060325/>. Acesso em: 5 set. 2025.

EUROPEAN UNION. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the protection of animals used for scientific purposes. **Official Journal of the European Union**, Brussels, 2010

FOX, R. W.; MCDONALD, A. T.; PRITCHARD, P. J. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

FRANKLIN, S. H. Assessment of dynamic upper respiratory tract function in the equine athlete. **Equine Veterinary Education**, Oxford, v. 29, n. 2, p. 92–103, 2017.

GOBBETTI, M. et al. Long-term outcome of permanent tracheostomy in 15 dogs with severe laryngeal collapse secondary to brachycephalic airway obstructive syndrome. **Veterinary Surgery**, **Hoboken**, v. 47, n. 3, p. 351-358, 2018. DOI: 10.1111/vsu.12877.

HAYNES, P. F.; SNIDER, T. G.; McCLURE, J. R.; McCLURE, J. J. Chronic chondritis of the arytenoid cartilage in horses. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 177, n. 11, p. 1135–1142, 1980.

HERHOLZ, C. *et al.* Measurement of tidal breathing flow-volume loop indices in horses with and without airway obstruction. **Veterinary Record**, v. 152, n. 10, p. 288–292, 2003.

HILGERT, A. R. Influência do esforço físico sobre o grau de inflamação no sistema respiratório de equinos atletas. 2021. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) — Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

HODGSON, D. R.; McKEEVER, K. H.; McGOWAN, C. M. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. 2. Ed. St. Louis: Elsevier Saunders, 2014.

IDA, K. K. *et al.* Use of nasotracheal intubation during general anesthesia in two ponies with tracheal collapse. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 5, art. 42, 2018.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica: texto e atlas**. 12. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

KLEIN, B. G. **Cunningham tratado de fisiologia veterinária**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

KÖNIG, H. E.; LIEBICH, H.-G. **Anatomia dos animais domésticos: texto e atlas**. 6. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2021.

LANKVELD, D. P. K. Tracheal obstruction by an eosinophilic granuloma in a horse: surgical and Nd:YAG laser treatment. **Equine Veterinary Education**, v. 13, n. 6, p. 309–312, 2001.

LEKEUX, P.; ART, T.; HODGSON, D. R. The respiratory system: anatomy, physiology, and adaptations to exercise and training. In: HODGSON, D. R.; McKEEVER, K. H.; McGOWAN, C. M. **The athletic horse: principles and practice of equine sports medicine**. 2. ed. St. Louis: Elsevier Saunders, 2014. p. 125–154.

LO FEUDO, C. M. et al. The role of thoracic ultrasonography and airway endoscopy in the diagnosis of equine asthma and exercise-induced pulmonary hemorrhage. **Veterinary Sciences**, Basel, v. 8, n. 11, p. 276, 2021. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8619806/>. Acesso em: 20 set. 2025.

MCCLURE, S. R. *et al.* Permanent tracheostomy in standing horses: technique and results. **Veterinary Surgery**, Hoboken, v. 24, p. 231–234, 1995.

MUNSON, B. R.; YOUNG, D. F.; OKIISHI, T. H.; HUEBSCH, W. W. **Fundamentos da mecânica dos fluidos**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Guide for the care and use of laboratory animals**. 8. ed. Washington, DC: National Academies Press, 2011.

OCCHIPINTI, L. L.; HAUPTMAN, J. G. Long-term outcome of permanent tracheostomies in dogs: 21 cases (2000–2012). **Canadian Veterinary Journal**, Ottawa, v. 55, n. 12, p. 1181–1186, 2014.

OIE – WORLD ORGANISATION FOR ANIMAL HEALTH. **Terrestrial animal health code**. Paris: OIE, 2021.

PARENTE, E. J. Afecções das vias aéreas superiores que afetam o atleta equino. **Clínicas Veterinárias: Prática Equina**, v. 34, n. 2, p. 427–441, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2018.04.008>.

PARK, S. *et al.* Permanent tracheostomy in a Thoroughbred mare with arytenoid chondritis. **Journal of Veterinary Clinics**, Seoul, v. 38, n. 5, p. 244–248, 2021.

PRANGE, T. Trachea. In: AUER, J. A.; STICK, J. A. (eds.). **Equine surgery**. 5. Ed. St. Louis: Elsevier, 2019. P. 797–804.

PRIEST, D. T. *et al.* Dynamic respiratory endoscopy of Standardbred racehorses during qualifying races. **Equine Veterinary Journal**, v. 44, n. 5, p. 529–534, 2012.

RAKESH, V. *et al.* Development of equine upper airway fluid mechanics model for Thoroughbred racehorses. **Equine Veterinary Journal**, v. 40, n. 3, p. 272–279, 2008.

RAKESTRAW, P. C. Permanent tracheostomy. In: HAWKINS, J. F.; MANSFIELD, C. S. (eds.). **Advances in equine upper respiratory surgery**. Ames: Wiley-Blackwell, 2016. P. 271–275.

ROBERTSON, J. T. Pharynx and larynx. In: BEECH, J. (ed.). **Equine respiratory disorders**. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991. P. 331–387.

RUBIO-MARTÍNEZ, L. M.; HENDRICKSON, D. A. (Ed.). **Complications in equine surgery**. Hoboken: Wiley, 2021.

RUSH, B.; MAIR, T. **Equine Respiratory Diseases**. Oxford: Blackwell Science, 2004.

SHAPELL, K. K. *et al.* Permanent tracheostomy in Equidae: 47 cases (1981–1986). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 192, n. 7, p. 939–942, 1988.

SISSON, S.; GROSSMAN, J. D. **Anatomia dos animais domésticos**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1986.

STICK, J. A.; PRANGE, T. Sistema respiratório. In: AUER, J. A.; STICK, J. A.; KÜMMERLE, J. M.; PRANGE, T. **Equine surgery**. 5. ed. St. Louis: Elsevier, 2018. p. 678–821.

TATE, L. P. JÚNIOR *et al.* Tracheal reconstruction by resection and end-to-end anastomosis in the horse. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 178, p. 253–258, 1981.

TUCKER, M. L. *et al.* Computational fluid dynamics evaluation of airflow characteristics after surgical treatments of equine laryngeal disorders. **Frontiers in Veterinary Science**, 2023.

VAN ERCK, E. Dynamic respiratory videoendoscopy in ridden sport horses. **Equine Veterinary Journal**, v. 43, p. 18–24, 2011.

WEST, J. B. **Fisiologia respiratória: princípios básicos**. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

WHITE, F. M. **Mecânica dos fluidos**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

CAPÍTULO 2