

UNIVERSIDADE PAULISTA

**AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE E PROPOSIÇÃO DE VALORES DE
REFERÊNCIA DO MÉTODO *HEART-TO-SINGLE VERTEBRA RATIO* (HSVR)
PARA MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA CARDÍACA EM CÃES DAS RAÇAS
BULDOQUE FRANCÊS E PUG**

REBECA DOURADO ARAUJO DE ANDRADE

SÃO PAULO

2026

UNIVERSIDADE PAULISTA

**AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE E PROPOSIÇÃO DE VALORES DE
REFERÊNCIA DO MÉTODO *HEART-TO-SINGLE VERTEBRA RATIO* (HSVR)
PARA MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA CARDÍACA EM CÃES DAS RAÇAS
BULDOQUE FRANCÊS E PUG**

REBECA DOURADO ARAUJO DE ANDRADE

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Patologia Ambiental e
Experimental da Universidade Paulista para
obtenção do título de Mestre em Patologia
Ambiental e Experimental.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Fernandes
Bondan

SÃO PAULO

2026

Andrade, Rebeca Dourado Araujo de.

Avaliação da aplicabilidade e proposição de valores de referência do método *Heart-to-Single Vertebra Ratio* (HSVR) para mensuração radiográfica cardíaca em cães das raças Buldogue francês e Pug / Rebeca Dourado Araujo de Andrade. - 2026.

45 f. : il. color. + CD-ROM.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Patologia Ambiental e Experimental da Universidade Paulista, São Paulo, 2026.

Área de concentração: Patologia Ambiental e Experimental.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Fernandes Bondan.

1. Cão. 2. Radiografia torácica. 3. Coração. 4. Medições cardíacas. 5. Braquicefalia. I. Bondan, Eduardo Fernandes (orientador). II. Título.

REBECA DOURADO ARAUJO DE ANDRADE

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE E PROPOSIÇÃO DE VALORES DE
REFERÊNCIA DO MÉTODO *HEART-TO-SINGLE VERTEBRA RATIO* (HSVR)
PARA MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA CARDÍACA EM CÃES DAS RAÇAS
BULDOQUE FRANCÊS E PUG

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Patologia Ambiental e
Experimental da Universidade Paulista
para obtenção do título de Mestre em
Patologia Ambiental e Experimental.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Fernandes
Bondan

Aprovado(a) em: 26/06/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo Fernandes Bondan
Universidade Paulista – UNIP

Prof. Dr. José Guilherme Xavier
Universidade Paulista – UNIP

Profa. Dra. Paula Hiromi Itikawa
Universidade Cruzeiro do Sul - UNICSUL

AGRADECIMENTOS

Aos professores e médicos veterinários do curso de Medicina Veterinária da Universidade Cruzeiro do Sul, não apenas pela contribuição na minha formação, mas também pelo companheirismo, apoio e parceria no dia a dia.

Ao Instituto Veterinário de Imagem, pelo suporte e por disponibilizar os recursos necessários para a realização deste projeto.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Fernandes Bondan, pela orientação, acompanhamento e confiança durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação da Universidade Paulista, por todo conhecimento compartilhado.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmão, pelo apoio, incentivo e por sempre acreditarem em mim ao longo desta trajetória.

À Bárbara, minha companheira, pelo apoio, incentivo e auxílio durante todo o período de desenvolvimento deste projeto.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

Nada é igual nas aparências, mas tudo se identifica.

- Autran Dourado

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Radiografias torácicas em projeção laterolateral direita de dois cães. (A) Paciente sem alterações vertebrais radiográficas. (B) Paciente com múltiplas hemivértebras torácicas, alterações degenerativas associadas (cabeça de seta) e alterações morfológicas dos processos espinhosos (setas brancas) 10
- Figura 2** – Tórax em projeção laterolateral direita de cão braquicefálico, sobreposto por mensurações do método *Vertebral Heart Size* (VHS) 13
- Figura 3** – Tórax em projeção laterolateral direita de cão braquicefálico com hemivértebras torácicas, sobreposto por mensuração do método *Heart-to-Single Vertebra Ratio* (HSVR) 16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – <i>Vertebral Heart Size</i> (VHS) de raças específicas	14
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

DV	Dorsoventral
DVL2	<i>Dishevelled 2</i>
HSVR	<i>Heart-to-Single Vertebra Ratio</i>
RLAD	<i>Radiographic Left Atrial Dimension</i>
TIHS	<i>Thoracic Inlet Heart Size</i>
T4	Quarta vértebra torácica
VD	Ventrodorsal
VHS	<i>Vertebral Heart Size</i>
VLAS	<i>Vertebral Left Atrial Size</i>

SUMÁRIO

1	REVISÃO DE LITERATURA.....	8
1.1	Avaliação radiográfica da silhueta cardíaca em cães	8
1.2	Influência das alterações vertebrais na avaliação cardíaca	10
1.3	Métodos quantitativos para mensuração da silhueta cardíaca	11
1.3.1	Método <i>Vertebral Heart Size</i> (VHS).....	12
1.3.2	Método <i>Heart-to-Single Vertebra Ratio</i> (HSVR)	15
	REFERÊNCIAS	18
2	ARTIGO	22
	RESUMO.....	22
	INTRODUÇÃO	23
	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
	Análise estatística	26
	RESULTADOS.....	27
	Análise Descritiva.....	27
	Avaliação da concordância entre as medidas dos observadores	30
	Comparação entre as raças	32
	DISCUSSÃO	34
	CONCLUSÕES	38
	CONFLITOS DE INTERESSE.....	39
	REFERÊNCIAS	40
	APÊNDICES.....	42

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Avaliação radiográfica da silhueta cardíaca em cães

A ampla variação de porte e conformação corporal entre as raças caninas representa um desafio importante na avaliação radiográfica da silhueta cardíaca (PINTO; IWASAKI, 2004).

Embora o ecocardiograma seja considerado o método padrão-ouro para avaliação cardíaca, a radiografia torácica permanece como uma importante ferramenta de triagem que fornece informações relevantes sobre estruturas pulmonares e vasculares (HUGUET; BERRY, 2025). Além de amplamente disponível na prática clínica, especialmente com a crescente utilização da telerradiologia, o exame radiográfico integra a avaliação inicial de pacientes com suspeita de afecções cardíacas, frequentemente em conjunto com o eletrocardiograma, particularmente em situações nas quais o ecocardiograma não é prontamente acessível (WESSELOWSKI *et al.*, 2022).

Para que a avaliação radiográfica seja considerada adequada, é fundamental que as imagens sejam obtidas com técnica apropriada, incluindo correto posicionamento do paciente, alinhamento adequado, ausência de rotação e realização da exposição no pico da inspiração. Além disso, a interpretação dos achados radiográficos deve sempre ser correlacionada com os dados clínicos do paciente, a fim de evitar conclusões equivocadas (BERRY; NELSON; WINTER, 2023).

O posicionamento do paciente também influencia significativamente a aparência da silhueta cardíaca, podendo afetar tanto seu comprimento quanto sua forma. Em projeções dorsoventrais (DV), observa-se deslocamento do ápice cardíaco para a esquerda, resultando em uma conformação mais globosa da silhueta. Já na projeção ventrodorsal (VD), padronizada na radiografia torácica, o coração tende a apresentar maior extensão no eixo craniocaudal, o que pode influenciar sua interpretação (RUEHL, 1981).

Apesar de sua ampla aplicabilidade, a radiografia torácica apresenta limitações importantes, como a sobreposição de estruturas, presença de tecido adiposo, variações relacionadas ao comportamento do paciente durante o exame e diferenças na técnica radiográfica empregada. Nesse contexto, fatores anatômicos

também exercem influência significativa, sendo a conformação torácica um dos principais determinantes na interpretação da silhueta cardíaca (BAHR, 2019; SEILER; THRALL, 2019).

Com intuito de reduzir erros de interpretação radiográfica, é prudente sempre considerar características raciais durante a avaliação da morfologia cardíaca, a fim de evitar a sugestão errônea de cardiomegalia. Em raças braquicefálicas, a conformação torácica em “barril” pode levar à falsa impressão de aumento da silhueta cardíaca (BAHR, 2019; MURPHY, 2025).

Além das alterações cardíacas primárias, neoplasias localizadas na base do coração também podem influenciar a avaliação radiográfica da silhueta cardíaca. As lesões são predominantemente representadas por quimiodectomas, caracterizados por crescimento lento e potencial de invasão de estruturas intratorácicas adjacentes. O diagnóstico definitivo é de difícil realização, pois a obtenção de amostras para análise histopatológica nem sempre é viável em vida (RAJAGOPALAN *et al.*, 2013).

Cães braquicefálicos apresentam predisposição ao desenvolvimento dessas neoplasias, possivelmente associada à hipóxia crônica, que induz hiperplasia das células quimiorreceptoras (JOHANNSEN; SCHNEIDER; MAERZ, 2025).

Apesar da ampla utilização de métodos quantitativos, a avaliação morfológica da silhueta cardíaca permanece como o principal componente da interpretação radiográfica, sendo fortemente dependente da experiência do observador. A análise subjetiva do contorno, formato e posicionamento cardíaco é amplamente utilizada na rotina clínica e considerada fundamental na avaliação inicial, permitindo a identificação de alterações que nem sempre são evidenciadas por mensurações (SEILER; THRALL, 2019).

Entretanto, embora os métodos radiográficos sejam importantes ferramentas auxiliares na triagem e acompanhamento das cardiopatias, o ecocardiograma permanece como o método padrão-ouro para avaliação cardíaca, por possibilitar análise anatômica e funcional detalhada das estruturas cardíacas (KEENE *et al.*, 2019).

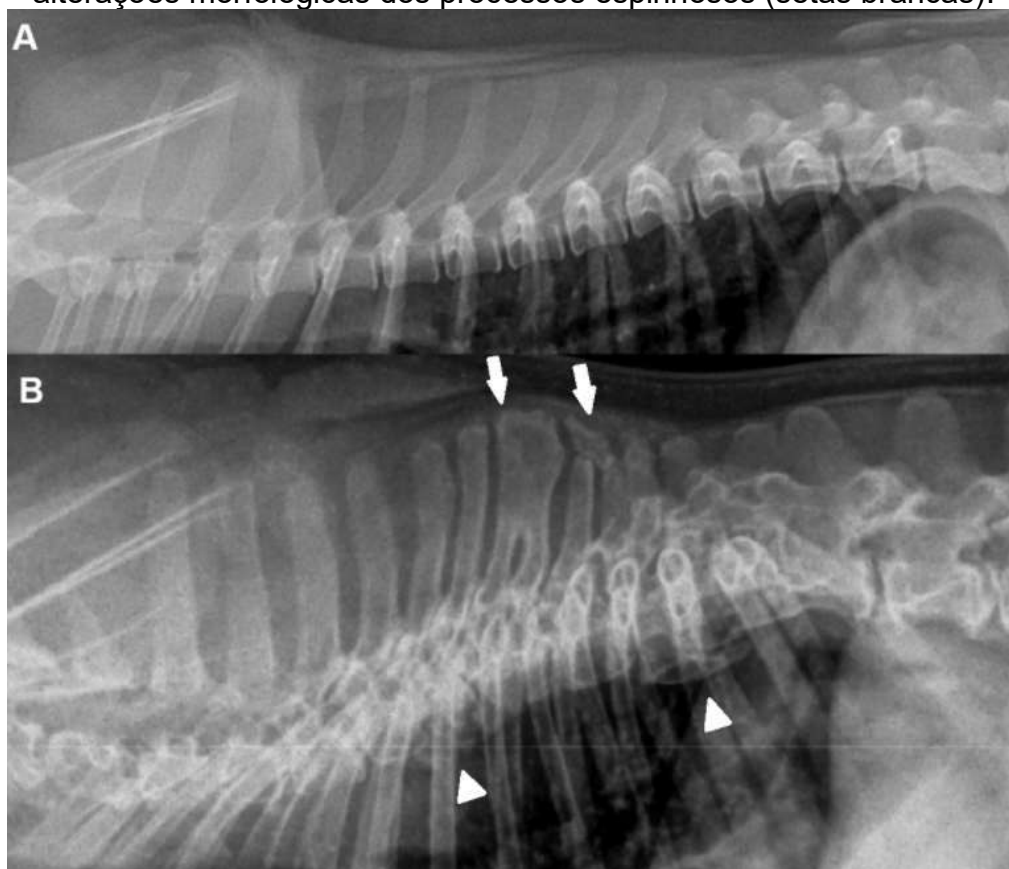
A avaliação morfológica também permite a análise de estruturas adjacentes à silhueta cardíaca, como os vasos pulmonares, que podem apresentar alterações em diversas condições clínicas. Em doenças como a dirofilariose, por exemplo, podem ser observadas alterações vasculares importantes, que não são contempladas por métodos quantitativos isolados, reforçando a importância da interpretação global da

radiografia torácica (FALCÓN-CORDÓN *et al.*, 2024; LIMA *et al.*, 2024).

1.2 Influência das alterações vertebrais na avaliação cardíaca

As alterações congêntas e degenerativas da coluna vertebral torácica representam um fator limitante importante na avaliação radiográfica do tamanho cardíaco, uma vez que podem comprometer a aplicação de métodos que utilizam as vértebras como referência (Figura 1) (BAVEGEMS *et al.*, 2005; BAGARDI *et al.*, 2021).

Figura 1 – Radiografias torácicas em projeção laterolateral direita de dois cães. (A) Paciente sem alterações vertebrais radiográficas. (B) Paciente com múltiplas hemivértebras torácicas, alterações degenerativas associadas (cabeça de seta) e alterações morfológicas dos processos espinhosos (setas brancas).



Fonte: Instituto Veterinário de Imagem, 2025.

Afecções como hemivértebras torácicas, malformações vertebrais congêntas e hereditárias caracterizadas pela ausência parcial do corpo vertebral, são frequentemente observadas em raças com cauda em parafuso, especialmente no Buldogue francês, sendo um achado habitual em exames radiográficos da coluna

vertebral ou do tórax. Essas alterações ocorrem com maior frequência na porção média da coluna torácica e sua conformação anômala frequentemente resulta em deformidades como cifose e escoliose, levando à alteração do eixo da coluna vertebral torácica. Tais modificações estruturais podem interferir diretamente na aplicação de métodos radiográficos que utilizam as vértebras consecutivas como referência, comprometendo a acurácia das mensurações cardíacas (DECKER *et al.*, 2019, 2024; BROWN *et al.*, 2021; WIEGEL, 2022).

Além dos aspectos morfológicos já descritos, as malformações vertebrais em cães braquicefálicos apresentam base genética bem estabelecida. Essas alterações resultam de falhas no desenvolvimento embrionário, incluindo processos de segmentação e ossificação dos corpos vertebrais, levando a crescimento assimétrico e grande variabilidade estrutural.

Estudos recentes associam mutações em genes específicos, como o DVL2 (*Dishevelled 2*), à presença de cauda em parafuso e ao desenvolvimento de malformações vertebrais, especialmente em Buldogues. Em cães da raça Pug, embora alterações semelhantes sejam observadas, a relação genética parece mais complexa e menos definida. Essa variabilidade morfológica compromete a previsibilidade das vértebras torácicas como estruturas de referência, impactando diretamente a acurácia de métodos radiográficos baseados na coluna vertebral (DECKER *et al.*, 2024).

1.3 Métodos quantitativos para mensuração da silhueta cardíaca

A necessidade de padronização da avaliação radiográfica torácica acompanha o desenvolvimento dos primeiros estudos na área, sendo reconhecida como fundamental para o diagnóstico e acompanhamento de alterações cardiovasculares (SUTER; LORD, 1971).

A avaliação morfológica da silhueta cardíaca na radiografia torácica baseia-se na análise do contorno, tamanho e topografia da silhueta cardíaca em relação às estruturas torácicas adjacentes. Em condições normais, o coração apresenta formato ovalado e está localizado predominantemente na porção ventral do tórax, mantendo relação direta com a coluna vertebral torácica. Dessa forma, alterações na conformação torácica ou na coluna vertebral podem influenciar diretamente a interpretação radiográfica do tamanho cardíaco, justificando a necessidade de

métodos quantitativos padronizados (HERMANSON, DE LAHUNTA, EVANS, 2020; LAMB, 2001).

Dentre os métodos mais utilizados na prática clínica, destacam-se o *Vertebral Heart Size* (VHS), utilizado para avaliação da dimensão da silhueta cardíaca (BUCHANAN; BÜCHELER, 1995), e o *Vertebral Left Atrial Size* (VLAS), empregado na avaliação radiográfica do átrio esquerdo (MALCOLM *et al.*, 2018).

Outros métodos também foram descritos, como o *Radiographic Left Atrial Dimension* (RLAD), proposto como alternativa para avaliação radiográfica do átrio esquerdo (SALGUERO *et al.*, 2018), e o *Thoracic Inlet Heart Size* (TIHS), utilizado como alternativa para avaliação da dimensão da silhueta cardíaca (FERNÁNDEZ *et al.*, 2023), porém com menor difusão e aplicação clínica quando comparados aos métodos previamente citados.

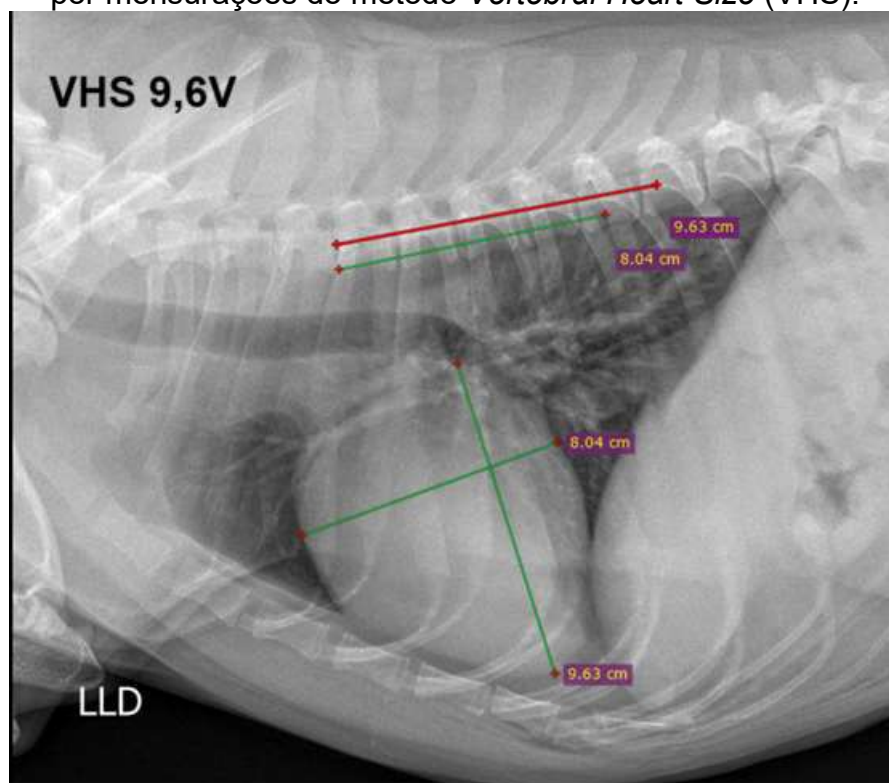
1.3.1 Método *Vertebral Heart Size* (VHS)

O sistema de escala vertebral para mensuração do tamanho cardíaco em cães foi proposto por Buchanan e Bücheler (1995), sendo denominado VHS. Essa técnica quantitativa estabelece uma relação entre o tamanho do coração — considerando os eixos longo e curto — e o comprimento das vértebras torácicas, a partir da quarta vértebra torácica (T4) (Figura 2). A soma do comprimento dos dois eixos cardíacos é sobreposta a partir da quarta vértebra torácica, resultando em um valor que pode ser comparado com valores pré-definidos, específicos para cada raça de cão.

O método é passível de aplicação em qualquer radiografia torácica realizada no pico da inspiração e em decúbito laterolateral, preferencialmente na projeção laterolateral direita, conforme descrito no estudo original (BUCHANAN; BÜCHELER, 1995) e reforçado por estudos posteriores (LAMB *et al.*, 2001; SEILER; THRALL, 2019).

As principais limitações incluem erros de técnica de posicionamento, ausência de ao menos uma projeção laterolateral, radiografias realizadas durante a expiração e delimitação inadequada da silhueta cardíaca devido à obesidade, comum em raças braquicefálicas (LAMB *et al.*, 2001). A fase respiratória influencia diretamente a avaliação da silhueta cardíaca, podendo levar à superestimação do tamanho cardíaco em radiografias obtidas durante a expiração (SILVERMAN; SUTER, 1975).

Figura 2 – Tórax em projeção laterolateral direita de cão braquicefálico, sobreposto por mensurações do método *Vertebral Heart Size* (VHS).



Fonte: CDXVET, 2025.

Além das limitações inerentes à técnica radiográfica, é importante considerar fatores fisiológicos e anatômicos que influenciam a avaliação da silhueta cardíaca. Estudos demonstram que existe uma relação linear entre o crescimento do coração, das vértebras torácicas e do tórax em cães, o que contribui para a aplicabilidade de métodos baseados em proporções (SLEEPER *et al.*, 2001).

Por outro lado, a conformação torácica e o porte dos pacientes podem influenciar diretamente os resultados das mensurações, assim como variações na expansão torácica durante o ciclo respiratório (SUTER; LORD, 1971; SILVERMAN, 1975).

As alterações conformacionais observadas em cães braquicefálicos ao longo das últimas décadas, relacionadas à seleção artificial de características fenotípicas extremas, podem interferir na avaliação radiográfica da silhueta cardíaca. Raças como Pug e Buldogue francês frequentemente apresentam alterações craniofaciais, torácicas e vertebrais que podem influenciar a aplicabilidade de métodos previamente estabelecidos. Dessa forma, a investigação de novas metodologias de mensuração cardíaca torna-se relevante diante das constantes modificações anatômicas observadas nessas raças (PACKER *et al.*, 2015; DECKER *et al.*, 2024).

Além dos estudos previamente citados, diversos trabalhos têm descrito valores de referência do VHS em diferentes raças caninas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – *Vertebral Heart Size (VHS)* de raças específicas

Raça	Decúbito	VHS	Referências
Pug	Direito	9.1 ± 2.7	Jepsen-Grant <i>et al.</i> (2013)
Lulu da Pomerânia	Direito	10.5 ± 0.9	Jepsen-Grant <i>et al.</i> (2013)
Yorkshire terrier	Direito	9.9 ± 0.6	Jepsen-Grant <i>et al.</i> (2013)
Dachshund	Direito	9.7 ± 0.5	Jepsen-Grant <i>et al.</i> (2013)
Bulldogue	Direito	12.7 ± 1.7	Jepsen-Grant <i>et al.</i> (2013)
Shih-tzu	Direito	9.5 ± 0.6	Jepsen-Grant <i>et al.</i> (2013)
Lhasa Apso	Direito	8.2 ± 3.2	Jepsen-Grant <i>et al.</i> (2013)
Boston terrier	Direito	8.9 ± 2.6	Jepsen-Grant <i>et al.</i> (2013)
Chihuahua	Direito	10.0 ± 0.6	Puccinelli <i>et al.</i> (2020)
Cavalier King Charles Spaniel	Direito	10.6 ± 0.5	Lamb <i>et al.</i> (2001)
Pastor alemão	Direito	9.7 ± 0.8	Lamb <i>et al.</i> (2001)
Boxer	Direito	11.6 ± 0.8	Lamb <i>et al.</i> (2001)
Doberman	Direito	10.0 ± 0.6	Lamb <i>et al.</i> (2001)
Poodle	Direito	10.12 ± 0.51	Fonseca-Pinto and Iwasaki (2004) Azevedo <i>et al.</i> (2016)
	Direito	9.72 ± 0.73	
Pastor turco	Esquerdo	9.7 ± 0.67	Gulanber <i>et al.</i> (2005)
Whippet (exposição)	Esquerdo	10.5 ± 0.6	Bavegems <i>et al.</i> (2005)
	Direito	10.8 ± 0.6	
Whippet (corredor)	Esquerdo	11.1 ± 0.4	Bavegems <i>et al.</i> (2005)
	Direito	11.4 ± 0.4	
Greyhound	Laterais	10.5 ± 0.1	Marin <i>et al.</i> (2007)
Rottweiler	Laterais	9.8 ± 0.1	Marin <i>et al.</i> (2007)
Beagle	Esquerdo	10.2 ± 0.4	Kraetschmer <i>et al.</i> (2008)
	Direito	10.5 ± 0.4	
American Pit bull terrier	Direito	10.9 ± 0.4	Lahm <i>et al.</i> (2011)
Cão Paria Indiano	Direito	9.7 ± 0.67	Bodh <i>et al.</i> (2016)
Labrador retriever	Esquerdo	10.29 ± 0.04	Gugjoo <i>et al.</i> (2013)
	Direito	10.39 ± 0.05	Bodh <i>et al.</i> (2016)
	Esquerdo	10.22 ± 0.20	Bodh <i>et al.</i> (2016)
	Direito	10.39 ± 0.19	Bodh <i>et al.</i> (2016)
Spitz Alemão	Esquerdo	10.03 ± 0.11	Bodh <i>et al.</i> (2016)
	Direito	10.21 ± 0.1	
Pastor Belga Malinois	Direito	9.58 ± 0.53	Colina <i>et al.</i> (2015)

Fonte: Adaptado de SEILER; THRALL, 2019.

Apesar de sua ampla utilização, o VHS apresenta limitações importantes, especialmente em cães com alterações vertebrais torácicas, uma vez que depende da utilização de múltiplas vértebras como referência. Nessas situações, a presença de deformidades vertebrais pode comprometer a acurácia da mensuração, resultando em possíveis interpretações equivocadas do tamanho cardíaco (JEPSEN, GRANT *et al.*, 2013; CONSTANZA, 2023).

O VHS é amplamente utilizado na detecção de alterações que cursam com aumento da silhueta cardíaca, especialmente aquelas associadas à dilatação de

câmaras cardíacas. Entre as principais condições, destacam-se as cardiopatias adquiridas, como a doença valvar mitral, e as cardiomiopatias, que podem resultar em aumento global ou segmentar do coração. Além disso, alterações hemodinâmicas decorrentes de doenças pulmonares e vasculares também podem influenciar a dimensão cardíaca radiográfica, reforçando a utilidade do método como ferramenta de triagem na prática clínica (LITSTER *et al.*, 2005; FALCÓN-CORDÓN *et al.*, 2024).

1.3.2 Método *Heart-to-Single Vertebra Ratio* (HSVR)

O método VHS apresenta limitação importante em cães com alterações congênitas ou degenerativas na coluna vertebral torácica, comprometendo a confiabilidade das técnicas já utilizadas (BAVEGEMS *et al.*, 2005; BAGARDI *et al.*, 2021).

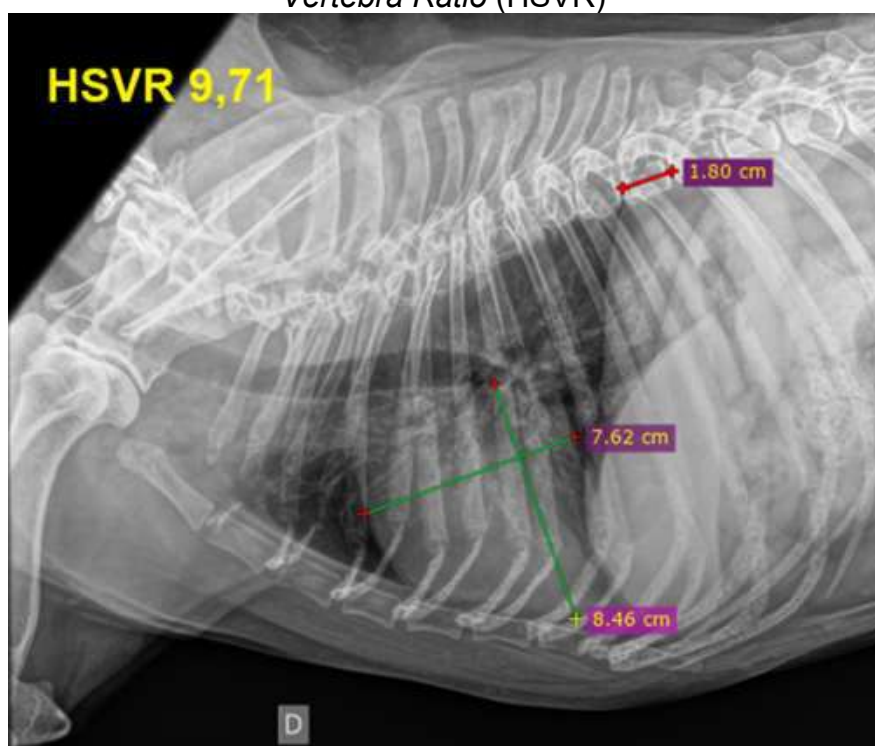
O método também apresenta relevância clínica, podendo auxiliar na tomada de decisões terapêuticas de forma rápida, especialmente na diferenciação entre edema pulmonar cardiogênico e não cardiogênico, em situações nas quais o histórico do paciente é insuficiente ou a ausculta se torna difícil devido à dispneia. Esse aspecto é particularmente importante em diagnósticos em que exames mais invasivos ou especializados não estão disponíveis, além de apresentar a vantagem de ser facilmente reproduzido independentemente da experiência do profissional (CARDOSO *et al.*, 2011; WESSELOWSKI *et al.*, 2022; ROSS *et al.*, 2023).

Considerando essas limitações, Constanza *et al.* (2023) propuseram o método *Heart-to-Single Vertebra Ratio* (HSVR), que consiste na relação entre o eixo cardíaco e o comprimento de uma única vértebra torácica previamente selecionada (preferencialmente uma de T5 a T7). Diferentemente do VHS, o método não depende da contagem de múltiplas vértebras, reduzindo o impacto de variações anatômicas e alterações vertebrais na mensuração (Figura 3).

O método é realizado por meio da soma dos eixos cardíacos longo e curto, dividida pelo comprimento de uma vértebra torácica, preferencialmente T7, devido à maior homogeneidade e melhor concordância observadas no estudo original. Nos casos em que T7 apresentar alterações vertebral que inviabilize a mensuração adequada, é possível utilizar uma vértebra próxima dentro da normalidade como referência, de acordo com a técnica descrita por Constanza *et al.* (2023).

O HSVR é especialmente relevante em pacientes braquicefálicos, que frequentemente apresentam discopatias e outras alterações congênicas na coluna vertebral. Além disso, também é um auxílio importante na avaliação radiográfica cardíaca de cães geriátricos, que frequentemente apresentam processo degenerativo em coluna vertebral e doenças cardíacas concomitantemente (CONSTANZA *et al.*, 2023; HUGUET; BERRY, 2025).

Figura 3 – Tórax em projeção laterolateral direita de cão braquicefálico com hemivértebras torácicas, sobreposto por mensuração do método *Heart-to-Single Vertebra Ratio* (HSVR)



Fonte: Instituto Veterinário de Imagem (IVI), 2025.

O acúmulo destas alterações pode resultar em desvios angulares da coluna vertebral, principalmente quando se apresentam em grande número na coluna torácica (LACKMANN *et al.*, 2020).

Apesar das vantagens do método HSVR, ainda não existem valores de referência estabelecidos para determinadas raças braquicefálicas, como o Buldogue francês e o Pug, frequentemente acometidas por alterações morfológicas da coluna vertebral torácica, o que compromete a aplicabilidade de métodos tradicionais como o VHS e o VLAS. Nesse contexto, a utilização de um método que minimize a influência dessas alterações torna-se fundamental para uma avaliação mais precisa

da silhueta cardíaca. Assim, a padronização do HSVR nessas raças mostra-se necessária, justificando a realização do presente estudo.

REFERÊNCIAS

- BAGARDI, M.; LOCATELLI, C.; MANFREDI, M.; BASSI, J.; SPEDIACCI, C.; GHILARDI, S.; ZANI, D. D.; BRAMBILLA, P. G. Breed-specific vertebral heart score, vertebral left atrial size, and radiographic left atrial dimension in Cavalier King Charles Spaniels: Reference interval study. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 63, p. 156-163, 2021.
- BAHR, R. The heart and pulmonary vessels. In: THRALL, D. E. **Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology**. 7. ed. St. Louis: Elsevier, 2019, p. 585-607.
- BAVEGEMS, V.; CAELENBERG, A. V.; DUCHATEAU, L.; SYS, S. U.; BREE, H. V.; RICK, A. Vertebral heart size ranges specific for Whippets. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 46, p. 400-403, 2005.
- BERRY, C. R.; NELSON, N. C.; WINTER, M. D. **Atlas of Small Animal Diagnostic Imaging**. Hoboken: Wiley Blackwell, 2023.
- BROWN, J. D.; PODADERA, J.; WARD, M.; GOLDSMID, S.; SIMPSON, D. J. The presence, morphology and clinical significance of vertebral body malformations in an Australian population of French Bulldogs and Pugs. **Australian Veterinary Journal**, v. 99, p. 378-387, 2021.
- BUCHANAN, J. W.; BÜCHELER, J. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 206, p. 194-199, 1995.
- CARDOSO, M. J. L.; CLAUDINO, J. L.; MELUSSI, M. Mensuração do tamanho cardíaco pelo método VHS (vertebral heart size) em cães sadios da raça American pit bull terrier. **Ciência Rural**, v. 41, p. 83-88, 2011.
- CONSTANZA, D.; GRECO, A.; PIANTEDOSI, D.; BRUZZESE, D.; PASOLINI, M.; COLUCCIA, P.; CASTIELLO, E.; BAPTISTA, C.; MEOMARTINO, L. The heart to single vertebra ratio: a new objective method for radiographic assessment of cardiac silhouette size in dogs. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 64, p. 378-384, 2023.
- CONSTANZA, D.; GRECO, A.; PIANTEDOSI, D.; CASTIELLO, E.; COLUCCIA, P.; SANGIULIANO, C.; NAVAS, L.; MEOMARTINO, L. The Heart-to-Single Vertebra Ratio for assessing the cardiac silhouette size in cats. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 66, e70042, 2025.
- DECKER, S.; PACKER, R. M. A.; CAPPELLO, R.; HARCOURT-BROWN, T. R.; ROHDIN, C.; GOMES, S. A.; BERGKNUT, N. SHAW, T. A.; LOWRIE, M.; GUTIERREZ-QUINTANA, R. Comparison of signalment and computed tomography findings in French Bulldogs, Pugs, and English Bulldogs with and without clinical signs associated with thoracic hemivertebra. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 33, p. 2151-2159, 2019.

DECKER, S.; ROHDIN, C.; GUTIERREZ-QUINTANA, R. Vertebral and spinal malformations in small brachycephalic dog breeds: Current knowledge and remaining questions. **The Veterinary Journal**, v. 304, e 106095, 2024.

FALCÓN-CORDÓN, S.; FALCÓN-CORDÓN, Y.; COSTA-RODRÍGUEZ, N.; MATOS, J.I.; MONTOYA-ALONSO, J. A.; CARRETÓN, E. Assessment of thoracic radiographic alterations in dogs with heartworm and their correlation with pulmonary hypertension, pre- and post-adulticide treatment. **Animals**, v. 14, e2551, 2024.

FERNÁNDEZ, M.; GARCÍA, V.; SANTANA, A. J.; MONTOYA-ALONSO, J.A. The thoracic inlet heart size, a new approach to radiographic cardiac measurement. **Animals**, v. 13, e389, 2023.

HERMANSON, J. W.; DE LAHUNTA, A.; EVANS, H. E. **Miller and Evans' Anatomy of the Dog**. 5. ed. St. Louis: Elsevier, 2020.

HUGUET, E.; BERRY, C. Canine and Feline Cardiovascular System. In: SEILER, G. S.; THRALL, D. E. **Thrall's Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology**, 8. ed. St. Louis: Elsevier, 2025, p. 702-723.

JEPSEN-GRANT, K.; POLLARD, R. E.; JOHNSON, L. R. Vertebral heart scores in eight dog breeds. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 00, p. 3-8, 2013.

JOHANNSEN, C.; SCHNEIDER, F.; MAERZ I. Heart base tumors in French Bulldogs: a case series. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 59, p.145-154, 2025.

KEENE, B. W.; ATKINS, C. E.; BONAGURA, J. D.; FOX, P. R.; HÄGGSTRÖM, J.; FUENTES, V. L.; OYAMA, M. A.; RUSH, J. E.; STEPIEN, R.; UECHI, M. ACVIM consensus guidelines for the diagnosis and treatment of myxomatous mitral valve disease in dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**. v. 33, p. 1127-1140, 2019.

LACKMANN, F.; FORTERRE, F.; BRUNNBERG, L. LODERSTEDT, S. Epidemiological study of congenital malformations of the vertebral column in French bulldogs, English bulldogs and Pugs, **Veterinary Record**, v. 190, 2022.

LAMB, C. R.; WIKLEY, H.; BOOSWOOD, A.; PFEIFFER, D. U. Use of breed-specific ranges for the vertebral heart scale as an aid to the radiograph diagnosis of cardiac disease in dogs. **The Veterinary Record**, v. 148, p. 707-711, 2001.

LIMA, N. C.; PAULA, M. A. S.; MATTOS, R. B.; SOARES, D. V.; SILVA, G. P.; ALBERIGI, B. Radiographic findings in dogs from an endemic area for heartworm disease in the state of Rio de Janeiro. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 46, e008324, 2024.

LITSTER, A.; ATKINS, C.; ATWELL, R.; BUCHANAN, J. Radiographic cardiac size in cats and dogs with heartworm disease compared with reference values using the vertebral heart scale method: 53 cases. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 7, p. 33-40, 2005.

MALCOLM, E. L.; VISSER, L. C.; PHILIPS, K. L.; JOHNSON, L. R. Diagnostic value of vertebral left atrial size as determined from thoracic radiographs for assessment of left atrial size in dogs with myxomatous mitral valve disease. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 253, p. 1038-1045, 2018.

MURPHY, L. A.; MUNOZ, C.; ZEPEDA, C. I.; PISCITELLI, N.; GENTILE-SOLOMON, J.; SZLOSEK, D.; NAKAMURA, R. K. Breed-specific vertebral heart size and vertebral left atrial size reference intervals in Yorkshire Terriers, Pomeranians, Pugs, and Boston Terriers. **American Journal of Veterinary Research**, v. 86, e24.01.0010, 2025.

PACKER, R. M. A.; HENDRICKS, A.; TIVERS, M. S.; BURN, C. C. Impact of facial conformation on canine health: brachycephalic obstructive airway syndrome. **PLOS ONE**, v. 10, e0137496, 2015.

PINTO, A. C. B. F.; IWASAKI, M. Radiograph evaluation of the cardiac silhouette in clinically normal Poodles through the vertebral heart size (VHS) method. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, p. 261-267, 2004.

RAJAGOPALAN, V.; JESTY, S.A.; CRAIG, L.E.; GOMPF, R. Comparison of Presumptive Echocardiographic and Definitive Diagnoses of Cardiac Tumors in Dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 27, p.1092-1096, 2013.

ROSS, E. S.; VISSER, L. C.; SBARDELLATI, N.; POTTER, B. M.; OHLENDORF, A.; SCANSEN, B. Utility of VLAS and VHS to aid detection of congestive heart failure in dogs with respiratory signs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 37, p. 2021-2029, 2023.

RUEHL, W. W.; THRALL, D. E. The effect of dorsal versus ventral recumbency of the radiographic appearance of the canine thorax. **Veterinary Radiology**, v. 22, p.10-16, 1981.

SALGUERO, X. S.; PRANDI, D.; LLABRÉS-DIAZ, F.; MANZANILLA, E. G.; BUSSADORI, C. A radiographic measurement of left atrial size in dogs. **Irish Veterinary Journal**, v. 71, p. 1-7, 2019.

SEILER, G.S.; THRALL, D. E. **Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology**. 7. ed. St. Louis: Elsevier, 2019.

SILVERMAN, S.; SUTER, P. F. Influence of inspiration and expiration on canine thoracic radiographs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 166, p. 502-566, 1975.

SUTER, P. F.; LORD, P. F. A Critical evaluation of the radiograph findings in canine cardiovascular diseases. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 158, p. 358-371, 1971.

VEZZOSI, T., PUCCINELLI, C.; CITI, S.; TOGNETTI, R. Two radiographic methods for assessing left atrial enlargement and cardiac remodeling in dogs with myxomatous mitral valve disease. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 34, p. 55-

63, 2021.

WESSELOWSKI, S.; GORDON, S.G.; MEDDAUGH, N.; SAUNDERS, A.B.; HÄGGSTRÖM, J., CUSACK, K.; JANACEK, B.W.; MATTHEWS, D.J. Prediction of clinically important acquired cardiac disease without an echocardiogram in large breed dogs using a combination of clinical, radiographic and electrocardiographic variables. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 40, p. 126-141, 2022.

WIEGEL, P. S.; MACH, R.; NOLTE, I.; FREISE, F.; LEVICAR, C.; MERHOF, K. Breed-specific values for vertebral heart score (VHS), vertebral left atrial size (VLAS), and radiographic left atrial dimension (RLAD) in Pugs without cardiac disease, and their relationship to Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome (BOAS). **PLOS ONE**, v. 17, e027384, 2022.

2 ARTIGO

AVALIAÇÃO DA APLICABILIDADE E PROPOSIÇÃO DE VALORES DE REFERÊNCIA DO MÉTODO HEART-TO-SINGLE VERTEBRA RATIO (HSVR) PARA MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA CARDÍACA EM CÃES DAS RAÇAS BULLDOGUE FRANCÊS E PUG

Rebeca Dourado Araujo de Andrade¹, Bárbara Cordeiro Ribeiro de Almeida², Rafaela Boregio dos Santos³, Carolina Katayama Castilho³, Victor Dourado de Andrade², Paula Hiromi Itikawa³, Eduardo Fernandes Bondan¹

1 Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Patologia Ambiental e Experimental, Universidade Paulista (UNIP), São Paulo (SP).

2 Complexo Veterinário do Centro Universitário Braz Cubas, Mogi das Cruzes (SP).

3 Complexo Veterinário da Universidade Cruzeiro do Sul (UNICSUL), São Paulo (SP).

RESUMO

O método *Heart-to-Single Vertebra Ratio* (HSVR) foi proposto como um método auxiliar para mensuração da silhueta cardíaca em radiografia torácica de cães com afecção em coluna torácica. Estudos recentes demonstraram a acurácia das mensurações em relação ao *Vertebral Heart Size* (VHS). O presente estudo retrospectivo tem como objetivo reproduzir o método em exemplares hígidos da raça Buldogue francês e Pug, raças frequentemente acometidas por alterações vertebrais congênitas. Quatro observadores com diferentes níveis de experiência avaliaram radiografias em posicionamento laterolateral direito. O HSVR foi realizado em 25 pacientes da raça Buldogue francês e 30 pacientes da raça Pug, dividindo à soma dos eixos cardíacos longo e curto pelo comprimento de T7 e, posteriormente, comparado-se com o valor de VHS do mesmo indivíduo. Os gráficos de Bland–Altman demonstraram ausência de viés sistemático relevante, com a maioria das medidas distribuídas dentro dos limites de concordância. Os coeficientes de correlação intraclasse indicaram concordância moderada (Pug: 0,507; IC95%: 0,327–0,686; Buldogue Francês: 0,571; IC95%: 0,379–0,750; $p < 0,001$), com maior

variabilidade interobservador nos Pugs. Os valores médios do HSVR foram semelhantes entre as raças ($10,4 \pm 0,93$ para Buldogues e $10,6 \pm 0,66$ para Pugs), apresentando menor variação em relação ao VHS. Esses achados corroboram que a aplicabilidade e a interpretação dos métodos podem depender da conformação torácica específica de cada raça.

Palavras-chave: Canino, radiografia torácica, coração, mensuração cardíaca, braquicefálicos.

INTRODUÇÃO

A avaliação do tamanho cardíaco na radiografia torácica de cães é essencial para a triagem de doenças cardiovasculares, especialmente considerando a alta prevalência dessas afecções na prática clínica veterinária. Nesse contexto, a radiografia torácica destaca-se como uma ferramenta acessível e amplamente utilizada, permitindo não apenas a análise da silhueta cardíaca, mas também a avaliação de estruturas pulmonares e vasculares adjacentes [1,2].

Dentre os métodos disponíveis, o *Vertebral Heart Size* (VHS), proposto por Buchanan e Bücheler, é amplamente utilizado para mensuração do tamanho cardíaco [3]. A técnica baseia-se na sobreposição dos eixos cardíacos longo e curto sobre a coluna vertebral, a partir da quarta vértebra torácica (T4), sendo especialmente útil em situações nas quais exames cardiológicos mais avançados não estão disponíveis. Com a difusão do método, observou-se a necessidade de estabelecer valores de referência específicos para diferentes raças, devido à grande variabilidade de porte e conformação torácica entre os cães [4].

Apesar de sua ampla aplicabilidade, o VHS apresenta limitações importantes, sobretudo em pacientes com alterações morfológicas da coluna vertebral. A presença de anomalias como hemivértebras pode interferir diretamente na mensuração, comprometendo a acurácia e reprodutibilidade dos resultados. Essas limitações são particularmente relevantes em raças braquicefálicas, nas quais alterações vertebrais torácicas são frequentemente observadas [5,6].

Visando a superar essas limitações, Constanza *et al.* propuseram o método *Heart-to-Single Vertebra Ratio* (HSVR), com o objetivo de permitir avaliações mais ágeis e potencialmente mais precisas em cães com alterações vertebrais [7]. Nesse

método, a soma dos eixos cardíacos longo e curto é dividida pelo comprimento de uma única vértebra torácica íntegra, acrescida do espaço intervertebral caudal. Diferentemente do VHS, cuja mensuração é expressa em número de vértebras, o HSVR resulta em um valor adimensional, o que pode reduzir a variabilidade entre observadores.

Esse método apresenta especial relevância em pacientes geriátricos, que frequentemente apresentam concomitância de doenças cardíacas e alterações vertebrais. Além disso, sua aplicabilidade prática pode auxiliar na diferenciação entre edema pulmonar cardiogênico e não cardiogênico, especialmente em situações nas quais a ausculta é inconclusiva ou o ecocardiograma não está disponível [8–10].

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a sensibilidade do método HSVR e investigar a possibilidade de estabelecer valores de referência para as raças Buldogue francês e Pug, frequentemente acometidas por alterações morfológicas das vértebras torácicas, comparando seus resultados com o método VHS.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Paulista (UNIP), sob protocolo nº 5470290825.

Trata-se de um estudo retrospectivo e observacional, baseado na análise de radiografias torácicas de cães das raças Pug e Buldogue francês, obtidas a partir de banco de dados de telerradiologia de exames realizados em diferentes serviços de diagnóstico por imagem veterinária, no período de 2023 a 2025. Inicialmente, foram selecionados 30 cães da raça Pug e 30 cães da raça Buldogue francês; entretanto, cinco Buldogues foram excluídos devido à ausência de vértebras aptas para realização das mensurações pelos métodos VHS e HSVR, resultando em amostra final composta por 30 cães da raça Pug e 25 cães da raça Buldogue francês.

As informações obtidas de cada paciente consistiram em raça, idade e sexo.

Foram incluídos no estudo pacientes com idade a partir de 2 anos (considerando maturidade óssea), ausência de sugestão de remodelamento de câmaras cardíacas ao exame ecocardiográfico, silhueta cardíaca passível de delimitação adequada na radiografia torácica, coluna vertebral dentro da normalidade radiográfica ou com presença de hemivértebras e com dados

completos.

Todos os exames radiográficos foram obtidos por meio de sistemas de radiografia digital e avaliados em visualizador DICOM (PACS). As imagens foram excluídas nos casos de cães com idade inferior a 2 anos, ecocardiograma com sugestão de remodelamento de câmeras cardíacas, silhueta cardíaca não passível de delimitação adequada devido a fatores extracardíacos, radiografias com posicionamento prejudicado ou falha na técnica radiográfica, presença de padrão pulmonar alveolar sugestivo de edema pulmonar cardiogênico, tanto simétrico quanto assimétrico, incluindo casos após administração de diuréticos ou com alteração de distribuição devido à cronicidade, ecocardiograma sugerindo afecção cardíaca e pacientes com dados incompletos.

Todas as mensurações foram realizadas na projeção laterolateral direita, utilizando paquímetro eletrônico (“ferramenta de comprimento”) em visualizador DICOM, por quatro observadores independentes com diferentes níveis de experiência em diagnóstico por imagem veterinário (11, 6, 5 e 4 anos de experiência profissional), com o objetivo de avaliar a reprodutibilidade do método entre avaliadores com diferentes perfis. Os observadores não tiveram acesso aos resultados uns dos outros.

O método VHS foi realizado por meio da soma dos eixos cardíacos longo e curto, de acordo com a técnica descrita por Buchanan & Bücheler (1995). O eixo longo foi estabelecido do ápice à base cardíaca, utilizando a bifurcação traqueal como ponto de referência. O eixo curto foi definido como a linha perpendicular ao eixo longo no ponto de maior largura da silhueta cardíaca. Os dois eixos foram sobrepostos à coluna vertebral torácica a partir da extremidade cranial de T4, sendo o valor expresso em número de vértebras torácicas.

O método HSVR foi realizado por meio da soma dos eixos cardíacos longo e curto, dividida pelo comprimento de uma vértebra torácica, preferencialmente T7, devido à maior homogeneidade e melhor concordância observadas no estudo original. Nos casos em que T7 apresentou alterações vertebrais que inviabilizavam a mensuração adequada, utilizou-se T5 como vértebra de referência, de acordo com a técnica descrita por Constanza *et al.* (2023).

Análise estatística

Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória dos dados por meio de estatísticas descritivas, incluindo o cálculo de média, desvio padrão, valores mínimo e máximo das medidas cardíacas. As análises descritivas foram conduzidas a partir da média das mensurações obtidas pelos quatro avaliadores para cada paciente, de forma a reduzir a variabilidade interobservador.

A concordância entre as medidas radiográficas realizadas por quatro avaliadores foi avaliada por meio do Coeficiente de Correlação Intraclassa (ICC), utilizando modelo de dois fatores com efeitos aleatórios e definição de concordância absoluta [ICC(2,1)]. As análises foram conduzidas separadamente para as raças Pug e Buldogue francês, considerando possíveis diferenças morfológicas entre os grupos. Para o cálculo do ICC, foram incluídos apenas os casos com medidas disponíveis para todos os avaliadores, garantindo uma matriz completa de dados.

Adicionalmente, a concordância entre os avaliadores foi explorada por meio de gráficos de Bland-Altman, nos quais as medidas individuais de cada avaliador foram comparadas com a média das medidas dos demais avaliadores. Para cada comparação, foram estimados o viés médio e os limites de concordância (média $\pm$ 1,96 desvios-padrão).

Para identificar as diferenças entre os métodos de mensuração, foi ajustado um modelo linear misto, considerando a média das medidas por paciente como variável resposta. O modelo incluiu como efeitos fixos o método de mensuração (VHS ou HSVR), a raça (Pug ou Buldogue francês), a idade (variável contínua) e a interação entre método e raça. O paciente foi incluído como efeito aleatório para considerar a dependência entre medidas obtidas no mesmo indivíduo, uma vez que as mensurações dos diferentes métodos (VHS e HSVR) foram realizadas no mesmo paciente, resultando em observações não independentes. A utilização do modelo linear misto permitiu considerar simultaneamente os efeitos fixos de interesse e a estrutura de dependência dos dados.

As premissas do modelo foram avaliadas por meio da inspeção gráfica dos resíduos e por simulação de resíduos utilizando o pacote DHARMA, incluindo avaliação da distribuição dos resíduos, homogeneidade da variância, identificação de valores discrepantes (outliers) e adequação do ajuste do modelo. Quando identificada interação significativa entre os fatores, foram realizadas comparações

múltiplas por meio de médias marginais estimadas (*estimated marginal means*), utilizando contrastes pareados com ajuste para múltiplas comparações.

Todas as análises estatísticas foram realizadas em ambiente R [11], utilizando pacotes específicos para manipulação e organização dos dados (*dplyr* e *tidyr*), elaboração de gráficos (*ggplot2*), análise da concordância interobservador por meio do Coeficiente de Correlação Intraclass (*irr*), ajuste de modelos lineares mistos (*lme4* e *lmerTest*), estimativa de médias marginais e realização de comparações múltiplas pós-hoc (*emmeans*), além da avaliação diagnóstica e inspeção dos resíduos simulados do modelo (*DHARMA*).

RESULTADOS

A amostra final foi composta por 55 cães, sendo 30 da raça Pug e 25 da raça Buldogue francês. Entre os cães da raça Pug, foram incluídos 12 machos (40%) e 18 fêmeas (60%), com idade variando entre 2 e 13 anos. Nos cães da raça Buldogue francês, a amostra foi composta por 19 machos (76%) e 6 fêmeas (24%), com idade variando entre 3 e 14 anos.

Análise Descritiva

A estatística descritiva das medidas cardíacas, calculadas a partir da média das mensurações dos avaliadores para cada paciente, estão apresentadas na Tabela 1. Para o VHS, observou-se maior valor médio nos cães da raça Buldogue francês ($12,3 \pm 1,21$), em comparação aos Pugs ($10,9 \pm 0,70$), além de maior variabilidade nos Buldogues franceses. Em relação ao HSVR, os valores médios foram semelhantes entre as raças, com média de $10,4 \pm 0,93$ para Buldogues e $10,6 \pm 0,66$ para Pugs, apresentando menor variação geral em comparação ao VHS (Figura 1).

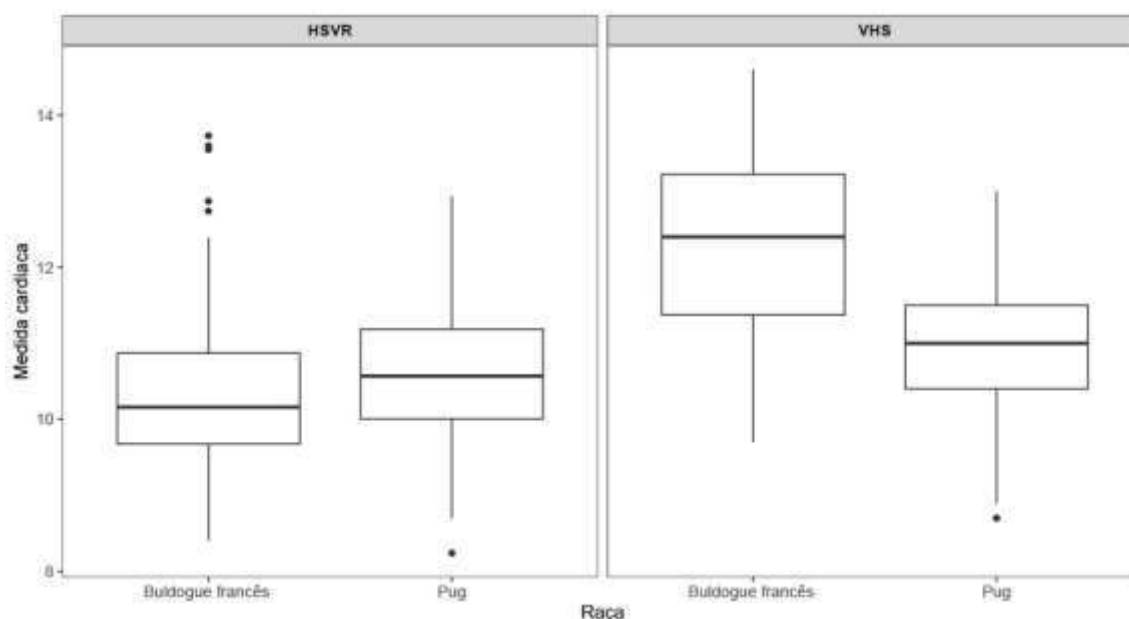


Figura 1 - Distribuição das medidas cardíacas (HSVR e VHS) em cães das raças Bulldogue francês e Pug. Os boxplots representam os valores observados, sendo a linha central a mediana; a caixa, os intervalos interquartis (Q1–Q3); e os bigodes, a variação dos dados, com identificação de valores discrepantes. Fonte: Elaborado pela autora (2026).

	Raça	média				
		N	dp	min	max	
VHS		2		10.	14.	
	Bulldogue	5	12.3	1.21	4	4
		3		0.70	9.1	12.
	Pug	0	10.9	4	2	4
HSVR		2		0.93	9.0	12.
	Bulldogue	5	10.4	1	6	8
	Pug	3	10.6	0.65	8.7	11.
		0		7	6	8

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das medidas cardíacas (VHS e HSVR) em cães das raças Bulldogue francês e Pug. N: número de cães; dp: desvio padrão; min: valor mínimo; max: valor máximo. VHS expresso em número de vértebras torácicas; HSVR correspondente a índice adimensional. Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Os dados individuais das mensurações de VHS e HSVR, bem como as características da amostra (idade, sexo e raça), estão apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Cão	Idade	Sexo	Observador 1		Observador 2		Observador 3		Observador 4	
			VHS	HSVR	VHS	HSVR	VHS	HSVR	VHS	HSVR
1	7 anos	M	12	11,01	12	10,81	11,7	10,45	11,7	10,01
2	5 anos	F	12	11,28	11,5	9,91	11,7	9,9	11,4	9,51
3	7 anos	F	13,1	12,87	13	12,26	12	12,14	13,2	13,73
4	5 anos	M	11,5	11,44	11,3	10,8	11,3	11,41	11,4	10,9
5	3 anos	M	12,8	10,45	13	10,12	12,8	10,15	12,8	10,17
6	7 anos	F	10,8	10,22	10,7	10,5	10,4	9,6	10,3	9,71
7	6 anos	F	Não há vértebras que permitem mensuração - Excluído							
8	4 anos	M	10,2	9,88	11	10,6	11,2	10,14	10,8	9,76
9	3 anos	M	12	9,68	12,5	9,87	12	10,11	12,3	10,04
10	8 anos	M	11,2	10,86	12,5	8,41	12,5	8,58	11,2	8,41
11	5 anos	M	10,5	9,32	10,8	9,38	10,7	9,66	10,1	9,6
12	6 anos	M	13,6	11,45	14	13,6	14,1	11,4	14	11,04
13	8 anos	F	13	10	13	11,7	13	10,54	12,7	12,74
14	5 anos	M	12,1	10,6	12	10,52	11,7	10,38	11,4	10,19
15	8 anos	M	13,6	10,5	14,5	10,44	14	9,99	13,5	8,82
16	5 anos	M	11,2	10,25	11,2	11,18	11,7	11,96	11,4	10,14
17	5 anos	M	10	9,85	11	11,42	10,8	10,64	10	9,91
18	11 anos	F	Não há vértebras que permitem mensuração - Excluído							
19	14 anos	M	12,8	9	13	8,94	13,5	9,83	12,5	8,96
20	13 anos	F	Não há vértebras que permitem mensuração							
21	5 anos	M	14,2	9	14,5	8,88	14,2	8,96	14,6	9,58
22	5 anos	M	12,6	9,6	13	12,38	12,6	11,76	12,7	13,55
23	5 anos	F	13,8	11,14	13,3	9,67	13,7	10,17	13,2	9,38
24	4 anos	M	12,2	10,65	12,2	10,84	12,2	11,89	12,2	10,07
25	8 anos	M	14	9	13,7	9,27	13,9	9,41	13,7	9,86
26	7 anos	F	Não há vértebras que permitem mensuração - Excluído							
27	11 anos	M	13,1	10,47	13,7	10,94	13	12,39	12,8	10,51
28	5 anos	F	13,5	10,21	13,5	10,22	13,6	10,01	13,5	9,94
29	5 anos	M	10,2	9,71	10	8,85	9,7	10,08	12	8,66
30	5 anos	M	Não há vértebras que permitem mensuração - Excluído							

Tabela 2 – Dados individuais de VHS e HSVR em cães da raça Buldogue francês. Resumo da amostra: Idade média = $6,5 \pm 2,7$ anos; sexo = 19 machos e 6 fêmeas; VHS médio = $12,3 \pm 1,21$; HSVR médio = $10,4 \pm 0,93$. Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Cão	Idade	Sexo	Observador 1		Observador 2		Observador 3		Observador 4	
			VHS	HSVR	VHS	HSVR	VHS	HSVR	VHS	HSVR
1	8 anos	M	10,4	10,29	10,2	9,56	10,2	10,17	10,7	9,83
2	6 anos	M	10,2	10,41	11	11,3	11	10,9	12,7	12,93
3	6 anos	M	10,6	10,47	10,8	9,91	11,1	11,27	11,9	11,39
4	5 anos	F	12	10,76	12	12,63	11,5	10,7	11,4	10,94
5	3 anos	F	10,1	11,7	10	10,09	11,7	11,7	11,7	10,98
6	5 anos	M	12,6	11,61	13	12,4	12,6	11,37	11,4	10,71
7	8 anos	M	11	10,7	10,4	10,45	10,7	10,74	10,6	10,28
8	9 anos	M	11	11,26	11	11,18	11,1	10,8	12,4	10,49
9	13 anos	F	9,3	8,7	9	8,82	8,7	8,24	9,5	9,27
10	2 anos	F	11	10,91	11	10,17	10,6	10,32	10,4	9,71
11	5 anos	M	10,4	10,13	10,8	9,91	10,5	9,86	9,7	9,57
12	5 anos	M	10,2	10	10,5	10,01	10,4	9,54	9,7	9,78
13	6 anos	F	12,6	11,6	11,5	11,26	11	10,69	10,2	10,57
14	2 anos	F	11	11,28	11	10,62	10,7	10,57	10,2	10
15	5 anos	F	11,1	10,65	11,2	11,71	11	10,57	11,8	9,57
16	6 anos	F	12,4	10,57	11,7	10,06	11,6	10,63	12,3	10,78
17	7 anos	F	11,6	12,21	11,5	11,57	12	11,92	11,3	11,5
18	7 anos	F	11,6	11,26	11,2	11,44	11,7	11,56	10	9,38
19	7 anos	F	10,9	10,08	10,5	10,41	10,7	10,14	11,8	10,42
20	11 anos	F	11	10,76	10,9	11,15	11,2	10,76	11,2	10,82
21	5 anos	F	10,2	9,96	10,8	9,72	10,1	9,86	12,1	9,99
22	8 anos	M	9,9	9,88	10	10,14	9,8	9,17	10,1	9,78
23	11 anos	M	10,6	10,84	10,5	11,81	11,1	11,13	11,1	10,26
24	5 anos	F	13	12,55	10,9	9,73	11,1	11,41	12,2	11,45
25	7 anos	M	11,1	10,94	11	11,48	10,9	10,14	11	11,1
26	6 anos	F	11	11,43	10,2	11,15	10,5	10,86	10	10,54
27	8 anos	M	11,1	10,56	11,2	11,09	11,4	11,2	10,4	10,26
28	9 anos	F	10,8	10	10,7	10,54	10,6	10,31	10,5	10,44
29	5 anos	F	9,9	10	10	9,85	9,9	9,77	8,9	8,75
30	6 anos	F	12	10,42	12,2	11,23	12	10,32	11,7	10,21

Tabela 3 – Dados individuais de VHS e HSVR em cães da raça Pug.
 Resumo da amostra: Idade média = $6,7 \pm 2,4$ anos; sexo = 12 machos e 18 fêmeas;
 VHS médio = $10,9 \pm 0,70$; HSVR médio = $10,6 \pm 0,66$. Fonte: Elaborado pela autora
 (2026).

Avaliação da concordância entre as medidas dos observadores

Para a raça Pug, a concordância entre avaliadores foi moderada tanto para o método VHS (ICC = 0,576; IC95%: 0,401–0,739) quanto para o HSVR (ICC = 0,507; IC95%: 0,327–0,686). Para a raça Buldogue francês, observou-se concordância

excelente para o VHS (ICC = 0,906; IC95%: 0,837–0,953), enquanto para o HSVR notou-se concordância moderada (ICC = 0,571; IC95%: 0,379–0,750).

De forma complementar, a concordância entre os avaliadores por meio dos gráficos de Bland-Altman mostrou que a maior parte das diferenças esteve distribuída ao redor de zero, indicando ausência de viés sistemático relevante entre os avaliadores (Figura 2).

A maioria dos pontos concentrou-se dentro dos limites de concordância, sugerindo boa concordância geral entre as medidas. Para o VHS em cães da raça Pug, observou-se maior dispersão das diferenças entre os avaliadores, com alguns valores próximos aos limites de concordância, indicando maior variabilidade interobservador.

Em contraste, para o VHS em Buldogues franceses, as diferenças apresentaram menor dispersão e maior concentração em torno da linha de viés, indicando melhor concordância entre os avaliadores. Para o HSVR, tanto em Pugs quanto em Buldogues franceses, observou-se variabilidade moderada entre os avaliadores, com alguns pontos mais afastados da média, porém sem evidência de tendência sistemática ou viés dependente da magnitude das medidas.

Após a avaliação da concordância entre os avaliadores, procedeu-se à comparação entre os métodos de mensuração e à investigação de possíveis diferenças entre as raças avaliadas.

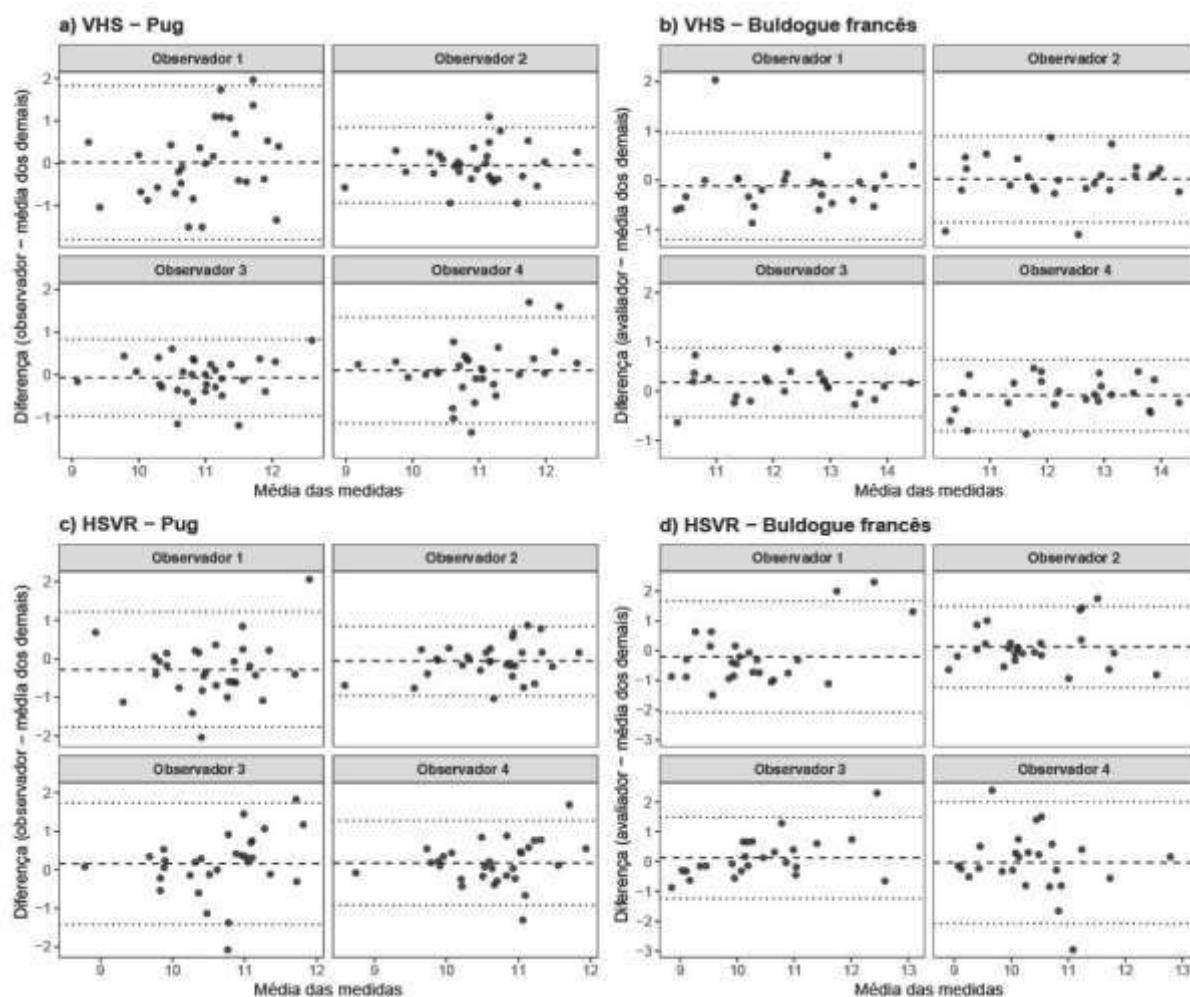


Figura 2 – Gráficos de Bland-Altman para avaliação da concordância entre avaliadores nas medidas radiográficas cardíacas em cães das raças Pug e Buldogue francês. (a) VHS – Pug; (b) VHS – Buldogue francês; (c) HSVR – Pug; (d) HSVR – Buldogue francês. Cada painel apresenta a comparação entre as medidas de um avaliador e a média das medidas dos demais avaliadores. A linha tracejada representa o viés médio, enquanto as linhas pontilhadas indicam os limites de concordância (média $\pm$ 1,96 desvio padrão). Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Comparação entre as raças

As premissas do modelo foram avaliadas por meio da inspeção gráfica dos resíduos e por simulação de resíduos utilizando o pacote DHARMA. Não foram observadas violações relevantes das premissas estatísticas. A inspeção dos resíduos simulados demonstrou adequada aderência à distribuição esperada, em evidência de heterocedasticidade, padrões sistemáticos ou valores discrepantes com impacto relevante sobre o ajuste do modelo. A avaliação diagnóstica completa encontra-se apresentada no Apêndice A.

As avaliações diagnósticas do modelo não indicaram violações relevantes das premissas estatísticas. A inspeção dos resíduos simulados demonstrou adequada aderência à distribuição esperada, sem evidência de heterocedasticidade, padrões sistemáticos ou valores discrepantes com impacto relevante sobre o ajuste do modelo. Adicionalmente, a distribuição dos resíduos apresentou normalidade pelo teste de Shapiro–Wilk ($W = 0,98$; $p = 0,19$), indicando adequação do modelo utilizado.

O modelo linear misto revelou efeito significativo do método de mensuração ($F = 61,97$) e da raça ($F = 8,79$) sobre as medidas cardíacas. Não foi observado efeito significativo da idade ($F = 0,06$). Foi identificada uma interação significativa entre método e raça ($F = 33,73$), indicando que a diferença entre os métodos de mensuração varia de acordo com a raça avaliada (Tabela 2).

Observou-se interação significativa entre método de mensuração e raça, indicando que o comportamento dos métodos diferiu entre as populações avaliadas. Nos cães da raça Buldogue francês, o VHS apresentou valores significativamente superiores ao HSRV ($p < 0,001$). Em contraste, nos cães da raça Pug, embora o VHS tenha apresentado média numericamente superior ao HSRV, essa diferença não foi estatisticamente significativa ($p = 0,06$). Além disso, os valores médios de HSRV mostraram-se semelhantes entre as raças, enquanto o VHS apresentou maior variação entre os grupos avaliados.

	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	p-valor
Método	1	35.623	35.623	70.0166	<0.001
Raça	1	4.4722	4.4722	8.7901	0.005
Idade	1	0.0329	0.0329	0.0646	0.800
Método:Raça	1	17.1598	17.1598	33.7273	<0.001

Tabela 2 - Resultados da análise de variância do modelo linear misto para avaliação dos efeitos do método de mensuração (VHS e HSRV), da raça (Pug e Buldogue francês) e da idade sobre as medidas cardíacas, incluindo o termo de interação entre método e raça. Fonte: Elaborado pela autora (2026).

As médias ajustadas indicaram diferenças significativas entre os métodos de mensuração na raça Buldogue francês, com valores de VHS significativamente

maiores que HSVR (diferença média = 1,94; $p < 0,0001$). Para a raça Pug, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os métodos (diferença média = 0,35; $p = 0,063$), embora tenha sido observada uma tendência de valores maiores para o VHS (Figura 3).

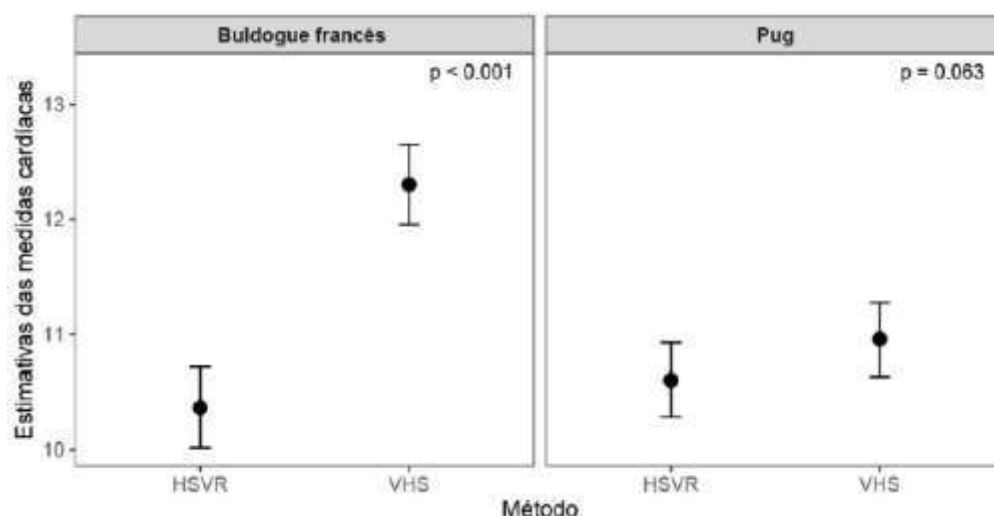


Figura 3 - Médias ajustadas das medidas cardíacas (VHS e HSVR) em cães das raças Buldogue francês e Pug, estimadas por meio de modelo linear misto. Os pontos representam as médias ajustadas e as barras, os intervalos de confiança de 95%. Fonte: Elaborado pela autora (2026).

Nos cães da raça Buldogue francês, foram identificadas hemivértebras em 23 dos 25 animais avaliados (92%). A maioria apresentou múltiplas alterações vertebrais, frequentemente envolvendo mais de um segmento da coluna torácica. As hemivértebras distribuíram-se predominantemente na região torácica média, com maior acometimento de T8 (66,7%), seguida por T6 (47,6%), T4 e T9 (42,9% cada) e T7 (38,1%), além de menor frequência em outras vértebras.

DISCUSSÃO

O objetivo principal deste estudo foi utilizar o método proposto por Constanza *et al.* em uma amostra da população de cães das raças Buldogue francês e Pug, verificar sua aplicabilidade em comparação ao VHS e estabelecer valores de referência para ambas as raças [7].

Para cães da raça Pug, Jepsen-Grant *et al.* estabeleceram valor médio de VHS de $10,7 \pm 0,9$, enquanto Wiegel *et al.* descreveram valores variando entre 10,1

e 12,8 [12,13]. No presente estudo, a média observada foi de $10,9 \pm 0,70$, situando-se dentro da faixa previamente descrita para a raça no primeiro estudo estabelecido. Já em relação ao Buldogue francês, Jepsen-Grant *et al.* relataram valor médio de $12,1 \pm 1,5$, porém a padronização foi realizada em conjunto com Buldogues ingleses [12]. No presente estudo, o valor médio obtido foi de $12,3 \pm 1,21$, sendo referente apenas a Buldogues franceses e próximo ao descrito na literatura.

O valor do VHS de ambas as raças está de acordo com Marin *et al.*, que observaram valores maiores de VHS em raças com conformação torácica em barril ou tórax profundo [14].

Em relação ao HSVR, os valores médios foram semelhantes entre as raças, com média de $10,6 \pm 0,66$ para Pugs e $10,4 \pm 0,93$ para Buldogues franceses, apresentando menor variação geral em comparação ao VHS. Esses achados diferem parcialmente do observado por Constanza *et al.*, que demonstraram forte concordância entre VHS e HSVR em uma população heterogênea de cães [7].

Ao contrário do observado por Constanza *et al.*, que relataram concordância interobservador excelente para o HSVR, no presente estudo observou-se variabilidade moderada entre os avaliadores em ambas as raças [10]. As diferenças nas mensurações ocorreram de forma dispersa, sem evidência de viés sistemático ou dependência da magnitude das medidas. Essa divergência pode estar relacionada às características específicas das populações avaliadas, uma vez que o estudo de Constanza *et al.* foi realizado em cães de raças diversas, enquanto o presente trabalho incluiu cães braquicefálicos, nos quais fatores como a presença de tecido adiposo torácico e alterações vertebrais são frequentes. A avaliação da concordância interobservador apresenta relevância adicional neste contexto, uma vez que a proposta de valores de referência para o HSVR depende não apenas dos valores médios obtidos, mas também da consistência das mensurações entre diferentes avaliadores. Apesar da concordância moderada observada, a proximidade entre os valores médios obtidos nas duas raças sugere potencial aplicabilidade clínica do método.

Nos Pugs, a maior deposição de gordura na região torácica pode dificultar a delimitação da silhueta cardíaca, exigindo atenção especial para evitar a inclusão de tecido adiposo nas mensurações, conforme descrito por Wiegel *et al.* [13]. Nos Buldogues franceses, por sua vez, alterações vertebrais podem interferir na definição das referências anatômicas utilizadas na mensuração, devido à baixa uniformidade

do comprimento vertebral. Além disso, a exclusão de pacientes com grande quantidade de gordura pericárdica não foi realizada neste estudo, como realizado em estudo prévio por Jepsen-Grant *et al.* [12], contribuindo para a variabilidade interobservador encontrada neste estudo.

Esses achados sugerem que a aplicabilidade e interpretação dos métodos podem depender da conformação torácica específica de cada raça. Alterações morfológicas frequentemente observadas em cães braquicefálicos, como presença de tecido adiposo torácico e alterações vertebrais, podem influenciar a identificação das referências anatômicas utilizadas nas mensurações, contribuindo para diferenças no comportamento dos métodos entre as populações avaliadas [5, 8].

Outro fator que pode ter contribuído para a variabilidade observada entre os avaliadores está relacionado à dificuldade de obtenção de posicionamento radiográfico ideal em alguns pacientes. Cães taquipneicos frequentemente apresentam maior movimentação durante a aquisição das imagens, enquanto pacientes com alterações do eixo vertebral podem apresentar desalinhamento anatômico adicional, dificultando a padronização do posicionamento e a identificação das referências anatômicas utilizadas nas mensurações.

Neste estudo, cinco cães da raça Buldogue francês foram excluídos devido a alterações morfológicas acentuadas das vértebras torácicas a partir de T4, impossibilitando a realização das mensurações baseadas na coluna vertebral. Nesses casos, a avaliação torna-se predominantemente dependente da análise morfológica da silhueta cardíaca e da interpretação individual do examinador, reforçando a importância da experiência clínica e da associação com outros métodos diagnósticos.

Nos cães da raça Buldogue francês, foram identificadas hemivértebras em 23 dos 25 animais incluídos (92%), sendo que a maioria apresentou múltiplas alterações vertebrais, frequentemente envolvendo mais de um segmento da coluna torácica. As hemivértebras distribuíram-se predominantemente na região torácica média, com maior acometimento de T8 (66,7%), seguida por T6 (47,6%), T4 e T9 (42,9% cada) e T7 (38,1%), além de menor frequência em vértebras como T3, T5, T10 e T12. Esse padrão evidencia concentração das alterações entre T4 e T9, região diretamente utilizada como referência nos métodos radiográficos, indicando elevada variabilidade morfológica da coluna torácica nessa raça.

A distribuição das hemivértebras observada no presente estudo apresentou

semelhanças com achados prévios descritos por Brown *et al.*, que relataram maior acometimento das vértebras torácicas médias, principalmente T6, T7, T8 e T9 [15]. Da mesma forma, no presente estudo, as alterações concentraram-se predominantemente nessa região, com maior acometimento de T8, seguido por T6, T4 e T9. Embora T7 tenha sido a vértebra mais frequentemente acometida no estudo de Brown *et al.* [15], no presente trabalho observou-se maior frequência em T8.

O método HSVR foi realizado por meio da soma dos eixos cardíacos longo e curto, dividida pelo comprimento de uma vértebra torácica, preferencialmente T7, devido à maior homogeneidade e melhor concordância observadas no estudo original. Nos casos em que T7 apresentava alterações vertebrais que inviabilizavam a mensuração adequada, utilizou-se T5 como vértebra de referência, de acordo com a técnica descrita por Constanza *et al.* (2023) [7]. Essa substituição foi realizada em oito Buldogues Franceses (animais 4, 12, 17, 21, 23, 27, 30 e 31) e dois Pugs (animais 26 e 32), nos quais T7 apresentava hemivértebra.

Em relação às características da amostra de Buldogues franceses, observou-se predominância de machos (76%), com idade variando entre 3 e 14 anos, sendo a maioria dos cães entre 5 e 8 anos. Em 24% dos animais, a presença de gordura torácica adjacente interferiu na delimitação da silhueta cardíaca, evidenciando que, embora relevante, esse fator teve menor impacto quando comparado às alterações vertebrais nessa raça.

Outra limitação do presente estudo foi a ausência de informações relacionadas ao peso corporal e escore de condição corporal dos pacientes avaliados. Apesar da seleção ter sido realizada em cães de uma mesma raça, especialmente no caso dos Buldogues franceses, observa-se considerável variação de porte entre indivíduos. Diferenças na conformação corporal e no desenvolvimento muscular podem influenciar a aparência radiográfica da silhueta cardíaca e, consequentemente, os valores obtidos nas mensurações. Estudos prévios demonstraram influência da conformação corporal sobre parâmetros radiográficos cardíacos, sugerindo que pacientes com maior desenvolvimento muscular podem apresentar diferenças nas dimensões cardíacas observadas [5,8].

Nos cães da raça Pug, a presença de hemivértebras foi observada em 6 dos 30 animais (20%), com acometimento das vértebras T4, T6, T7, T8 e T9. Em comparação aos Buldogues franceses, essas alterações foram menos frequentes e,

em geral, menos extensas, embora alguns animais (10%) tenham apresentado desvios de coluna sem outras alterações estruturais associadas.

Em relação às características da amostra de Pugs, observou-se discreto predomínio de fêmeas (60%), com idade variando entre 2 e 13 anos, concentrando-se principalmente entre 5 e 8 anos. Em 60% dos animais, a presença de gordura torácica adjacente interferiu na delimitação da silhueta cardíaca, representando o principal fator limitante para a realização das mensurações nessa raça.

Adicionalmente, as mensurações foram realizadas por observadores experientes em diagnóstico por imagem, o que pode limitar a aplicação dos resultados a profissionais com diferentes níveis de experiência [16]. Ainda, apenas radiografias de excelente qualidade foram incluídas, podendo haver maior variabilidade em condições clínicas com imagens subótimas.

Dessa forma, os resultados obtidos evidenciam que, embora os métodos radiográficos sejam úteis na avaliação do tamanho cardíaco, sua interpretação deve considerar as particularidades morfológicas de cada paciente. Do ponto de vista clínico, o HSVR pode ser considerado uma alternativa prática para avaliação inicial, especialmente em situações nas quais alterações vertebrais limitam o uso do VHS. No entanto, sua interpretação ainda deve ser cautelosa em raças braquicefálicas.

A ecocardiografia permanece como o método padrão-ouro para avaliação do aumento cardíaco e tomada de decisão clínica em cães, devendo os achados radiográficos ser sempre interpretados em conjunto com os dados clínicos do paciente [16,17].

Por fim, novos estudos são necessários para avaliar a variabilidade das mensurações em observadores com diferentes níveis de experiência, bem como a relevância prognóstica desses parâmetros radiográficos.

CONCLUSÕES

- O HSVR apresentou valores médios de $10,4 \pm 0,93$ para Buldogues Franceses e $10,6 \pm 0,66$ para Pugs, com menor variação em relação ao VHS.
- A ausência de diferença significativa entre as raças sugere que um valor de referência único para o HSVR pode ser considerado para essas populações.
- A concordância interobservador moderada e a influência de fatores como

alterações vertebrais e tecido adiposo torácico indicam que o método deve ser interpretado com cautela.

- Estudos futuros devem avaliar a reprodutibilidade do HSVR entre examinadores com diferentes níveis de experiência e sua aplicabilidade em cães com cardiopatias.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram que a pesquisa foi conduzida na ausência de relações comerciais ou financeiras que pudessem ser interpretadas como potencial conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

- [1] Seiler, G.S., Thrall, D.E., 2019. Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology, seventh ed. Elsevier, St. Louis.
- [2] Huguet, E., Berry, C., 2025. Canine and Feline Cardiovascular System, in: Seiler, G.S., Thrall, D.E. (Eds.), Thrall's Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology, eighth ed. Elsevier, St. Louis, pp. 702–723.
- [3] Buchanan, J.W., Bücheler, J., 1995. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 206, 194–199.
- [4] Lamb, C.R., Wikeley, H., Booswood, A., Pfeiffer, D.U., 2001. Use of breed-specific ranges for the vertebral heart scale as an aid to the radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs. *Vet. Rec.* 148, 707–711. <https://doi.org/10.1136/vr.148.23.707>
- [5] Bavegems, V., Caelenberg, A.V., Duchateau, L., Sys, S.U., Bree, H.V., Rick, A., 2005. Vertebral heart size ranges specific for Whippets. *Vet. Radiol. Ultrasound* 46, 400–403. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2005.00073.x>
- [6] Bagardi, M., Locatelli, C., Manfredi, M., Bassi, J., Spediacci, C., Ghilardi, S., Zani, D.D., Brambilla, P.G., 2021. Breed-specific vertebral heart score, vertebral left atrial size, and radiographic left atrial dimension in Cavalier King Charles Spaniels: Reference interval study. *Vet. Radiol. Ultrasound* 63, 156–163. <https://doi.org/10.1111/vru.13036>
- [7] Constanza, D., Greco, A., Piantedosi, D., Bruzzese, D., Pasolini, M., Coluccia, P., Castiello, E., Baptista, C., Meomartino, L., 2023. The heart-to-single vertebra ratio: a new objective method for radiographic assessment of cardiac silhouette size in dogs. *Vet. Radiol. Ultrasound* 64, 378–394. <https://doi.org/10.1111/vru.13201>
- [8] Cardoso, M.J.L., Claudino, J.L., Melussi, M., 2011. Mensuração do tamanho cardíaco pelo método VHS (vertebral heart size) em cães sadios da raça American Pit Bull Terrier. *Cienc. Rural* 41, 83–88. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000100020>
- [9] Ross, E.S., Visser, L.C., Sbardellati, N., Potter, B.M., Ohlendorf, A., Scansen, B., 2023. Utility of VLAS and VHS to aid detection of congestive heart failure in dogs with respiratory signs. *J. Vet. Intern. Med.* 37, 2021–2029. <https://doi.org/10.1111/jvim.16918>
- [10] Constanza, D., Greco, A., Piantedosi, D., Castiello, E., Coluccia, P., Sangiuliano, C., Navas, L., Meomartino, L., 2025. The Heart-to-Single Vertebra Ratio for assessing cardiac silhouette size in cats. *Vet. Radiol. Ultrasound* 66, e70042. <https://doi.org/10.1111/vru.70042>
- [11] R Core Team, 2023. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- [12] Jepsen-Grant K, Pollard RE, Johnson LR, 2013. Vertebral heart scores in eight dog breeds. *Vet. Radiol. Ultrasound* 54, 3–8. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2012.01976.x>
- [13] Wiegel PS, Mach R, Nolte I, Freise F, Levicar C, Merhof K, 2022. Breed-specific values for vertebral heart score (VHS), vertebral left atrial size (VLAS), and radiographic left atrial dimension (RLAD) in Pugs without cardiac disease, and their relationship to Brachycephalic Obstructive Airway Syndrome (BOAS). *PLoS One* 17, 9, e027384. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274085>
- [14] Marin LM, Brown J, McBrien C, Baumwart R, Samii VF, Couto CG, 2007. Vertebral heart size in retired racing Greyhounds. *Vet. Radiol. Ultrasound* 48, 332–334. <https://doi.org/10.1111/j.1740-8261.2007.00252.x>
- [15] Brown, J.D., Podadera, J., Ward, M., Goldsmid, S., Simpson, D.J., 2021. The

presence, morphology and clinical significance of vertebral body malformations in an Australian population of French Bulldogs and Pugs. *Aust. Vet. J.* 99, 378–387.

<https://doi.org/10.1111/avj.13094>

[16] Vezzosi, T., Puccinelli, C., Citi, S., Tognetti, R., 2021. Two radiographic methods for assessing left atrial enlargement and cardiac remodeling in dogs with myxomatous mitral valve disease. *J. Vet. Cardiol.* 34, 55–63.

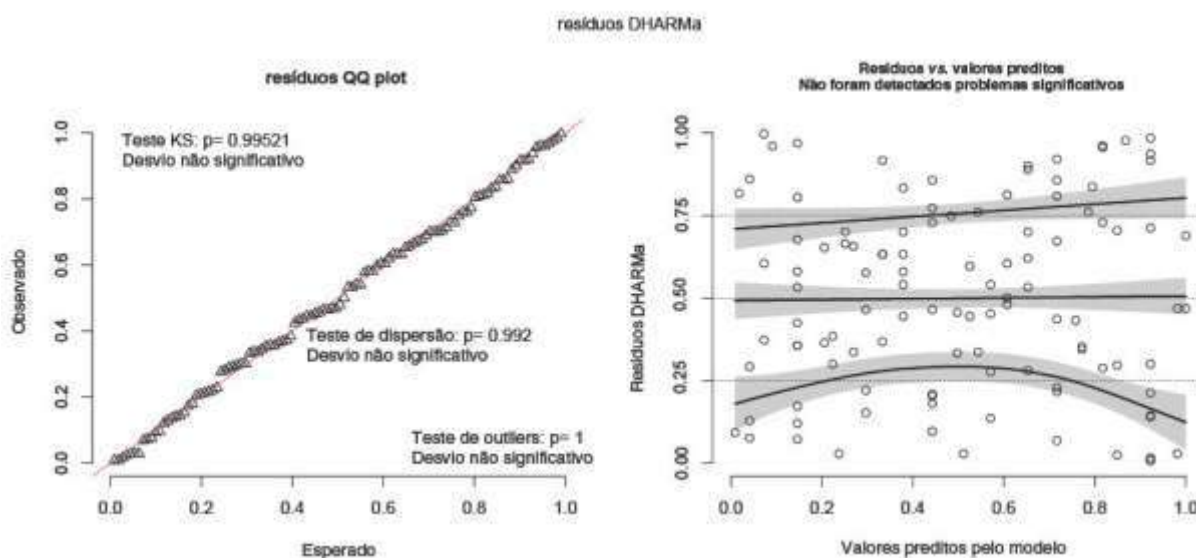
<https://doi.org/10.1016/j.jvc.2021.01.002>

[17] Keene, B.W., Atkins, C.E., Bonagura, J.D., Fox, P.R., Häggström, J., Fuentes, V.L., Oyama, M.A., Rush, J.E., Stepien, R., Uechi, M., 2019. ACVIM consensus guidelines for the diagnosis and treatment of myxomatous mitral valve disease in dogs. *J. Vet. Intern. Med.* 33, 1127–1140. <https://doi.org/10.1111/jvim.15488>

APÊNDICES

APÊNDICE A

Avaliação dos resíduos do modelo linear misto por meio do pacote DHARMA. À esquerda, gráfico QQ dos resíduos simulados indicando boa aderência à distribuição esperada. À direita, gráfico dos resíduos em função dos valores preditos, sem evidência de padrões sistemáticos ou violações relevantes das premissas do modelo.



Fonte: Elaborado pela autora (2026).