



**CAMILA RIBEIRO PEREIRA**

**MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO ÁTRIO ESQUERDO  
DE CÃES COM E SEM DOENÇA MIXOMATOSA VALVAR  
MITRAL**

**LAVRAS – MG**

**2025**

**CAMILA RIBEIRO PEREIRA**

**MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO ÁTRIO ESQUERDO DE CÃES COM E SEM  
DOENÇA MIXOMATOSA VALVAR MITRAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Diagnóstico por Imagem, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Antônio Carlos Cunha Lacreta Junior

**LAVRAS – MG**

**2025**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo(a) autor(a) através do Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA.

Ribeiro Pereira, Camila.

Mensuração radiográfica do átrio esquerdo de cães com e sem doença mixomatosa valvar mitral / Camila Ribeiro Pereira. 2024. 50 p. : il.

Orientador: Antônio Carlos Cunha Lacrete Júnior

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2024. Bibliografia.

1. Doença mixomatosa valvar mitral. 2. Mensuração radiográfica. 3. Átrio esquerdo. 4. Diagnóstico por imagem. 5. Cardiopatia . I. Carlos Cunha Lacrete Júnior, Antônio . II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

**CAMILA RIBEIRO PEREIRA**

**MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO ÁTRIO ESQUERDO DE CÃES COM E SEM  
DOENÇA MIXOMATOSA VALVAR MITRAL**

**RADIOGRAPHIC MEASUREMENT OF THE LEFT ATRIUM OF DOGS WITH AND  
WITHOUT MYXOMATOUS MITRAL VALVE DISEASE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Diagnóstico por Imagem, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 9 de dezembro de 2024.

Prof. Dr. Antônio Carlos Cunha Lacreta Junior

UFLA

Prof. Dra. Ruthnea Aparecida Lazaro Muzzi

UFLA

Dra. Mariana de Resende Coelho

UNILAVRAS

Orientador

Prof. Dr. Antônio Carlos Cunha Lacreta Junior

**LAVRAS – MG**

**2025**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, José e Andréa, pelo amor, incentivo e compreensão, por entenderem os momentos de ausência e sempre torcerem pelo meu sucesso.

Ao professor Antônio Lacreta, pela orientação, paciência e confiança depositada neste projeto.

Aos colegas dos centros de diagnóstico e da Universidade Federal de Lavras, cuja colaboração na disponibilização dos casos foi fundamental para a concretização deste estudo.

Aos tutores e cães participantes deste trabalho, pela confiança e por contribuírem para a construção de novos conhecimentos na medicina veterinária.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Departamento de Medicina Veterinária e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, por me proporcionarem essa oportunidade e por apoiarem este projeto.

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

Finalmente, agradeço aos cães, que além de serem meus pacientes, são também a inspiração que me motiva diariamente a buscar o melhor na prática clínica e na ciência veterinária.

*“A única forma de chegar ao impossível é acreditar que é possível”  
(Alice no País das Maravilhas)*

## RESUMO

A doença mixomatosa da valva mitral (DMVM) é a cardiopatia adquirida mais prevalente em cães e uma das principais causas de insuficiência cardíaca congestiva. A diferenciação precoce entre os estágios B1 e B2 é importante, pois o estágio B2 marca o momento crítico para o início de terapias que retardam a progressão da doença. Este estudo avaliou métodos radiográficos quantitativos (VHS, TIHS, VLAS, RLAD, M-VLAS e TILAS) para mensurar o átrio esquerdo e auxiliar no diagnóstico e estadiamento da DMVM. Foram analisados 90 cães, incluindo 80 com DMVM (estágios B1, B2 e C) e 10 controles, por meio de radiografias torácicas e exames ecocardiográficos. RLAD, M-VLAS e VLAS demonstraram boa sensibilidade e especificidade na detecção de aumento do átrio esquerdo, com correlação significativa com a relação AE/Ao. Na distinção entre os estágios B1 e B2, RLAD e VLAS apresentaram boa sensibilidade com valores de corte de 1,8v e 2,2v, respectivamente. O TILAS demonstrou potencial promissor para avaliação, especialmente em cães com anormalidades vertebrais, embora sejam necessários estudos adicionais para validar sua aplicabilidade. A confiabilidade e reprodutibilidade das medidas reforçam a utilidade dos métodos radiográficos na prática clínica, principalmente em ambientes com acesso limitado à ecocardiografia. No entanto, a integração com dados clínicos e ecocardiográficos permanece indispensável para um diagnóstico e acompanhamento precisos da DMVM.

**Palavras-chave:** Endocardiose; estadiamento clínico; radiografia; diagnóstico por imagem; remodelamento atrial esquerdo.

## ABSTRACT

Myxomatous mitral valve disease (MMVD) is the most prevalent acquired cardiac condition in dogs and a leading cause of congestive heart failure. Early differentiation between stages B1 and B2 is crucial, as stage B2 represents the critical point for initiating therapies that slow disease progression. This study evaluated quantitative radiographic methods (VHS, TIHS, VLAS, RLAD, M-VLAS, and TILAS) to measure the left atrium and assist in the diagnosis and staging of MMVD. Ninety dogs were analyzed, including 80 with MMVD (stages B1, B2, and C) and 10 controls, using thoracic radiographs and echocardiography. RLAD, M-VLAS, and VLAS demonstrated good sensitivity and specificity in detecting left atrial enlargement, with significant correlation to the LA/Ao ratio. For distinguishing between stages B1 and B2, RLAD and VLAS showed good sensitivity with cutoff values of 1.8v and 2.2v, respectively. TILAS showed promising potential for evaluation, particularly in dogs with vertebral abnormalities, though further studies are necessary to validate its applicability. The reliability and reproducibility of these radiographic methods reinforce their clinical utility, especially in settings with limited access to echocardiography. However, integration with clinical and echocardiographic data remains essential for accurate diagnosis and effective monitoring of MMVD progression.

**Keywords:** Endocardiosis; clinical staging; radiography; diagnostic imaging; left atrial remodeling.

## INDICADORES DE IMPACTO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar diferentes métodos radiográficos quantitativos para a mensuração do átrio esquerdo em cães com e sem doença mixomatosa valvar mitral (DMVM), propondo alternativas diagnósticas de baixo custo, acessíveis e reprodutíveis ao exame ecocardiográfico, padrão-ouro na área. Foram analisados 90 cães com peso inferior a 25 kg, atendidos entre janeiro de 2022 e maio de 2024 em dois centros de diagnóstico veterinário da cidade de Belo Horizonte-MG e no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Lavras-MG, sendo 80 animais com DMVM e 10 controles saudáveis. Entre os métodos avaliados, o RLAD destacou-se como o mais eficaz na distinção entre cães com e sem DMVM, com área sob a curva ROC (AUC) de 0,91, sensibilidade de 72% e especificidade de 90%, configurando-se como o método de maior acurácia diagnóstica do estudo. O TILAS também apresentou potencial promissor, especialmente em cães com alterações vertebrais, demonstrando ser uma alternativa viável quando outros métodos baseados em unidades vertebrais estão comprometidos. Esses resultados configuram impactos tecnológicos relevantes, ao oferecerem ferramentas de alta performance diagnóstica aplicáveis em clínicas com infraestrutura limitada. Socialmente, o estudo amplia o acesso a diagnósticos de qualidade, beneficiando tutores e animais, e reduz o tempo de progressão clínica sem tratamento adequado. A pesquisa envolveu instituições externas à UFLA, como clínicas veterinárias da rede privada de Belo Horizonte, caracterizando o trabalho como de natureza extensionista, com impacto direto na formação prática de estudantes de graduação e pós-graduação em diagnóstico por imagem. O território de impacto inclui os municípios de Lavras e Belo Horizonte, com envolvimento de docentes, radiologistas colaboradores e discentes vinculados às instituições participantes. O trabalho se insere em pelo menos três áreas temáticas da Política Nacional de Extensão: 4 – Educação, 6 – Saúde e 7 – Tecnologia e Produção, ao promover inovação metodológica, formação profissional e impacto em serviços de saúde animal. Está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, notadamente o ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ao contribuir para a melhoria da qualidade de vida dos animais por meio de diagnósticos mais eficientes; o ODS 4 (Educação de Qualidade), pela contribuição à formação acadêmica e técnica de estudantes; e o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ao fomentar soluções aplicáveis à realidade de clínicas com menor estrutura tecnológica. Os achados possuem caráter replicável, com potencial de aplicação nacional, tanto na rotina clínica quanto em projetos de extensão e ensino, contribuindo para a democratização do acesso à saúde animal de qualidade.

## IMPACT INDICATORS

This study aimed to evaluate and compare different quantitative radiographic methods for measuring the left atrium in dogs with and without myxomatous mitral valve disease (MMVD), proposing low-cost, accessible, and reproducible diagnostic alternatives to echocardiography, the current gold standard. A total of 90 small to medium-sized dogs weighing less than 25 kg were evaluated between January 2022 and May 2024, including 80 animals diagnosed with MMVD and 10 healthy controls. These cases were collected from two veterinary diagnostic centers in Belo Horizonte-MG and from the Veterinary Hospital of the Federal University of Lavras-MG. Among the methods analyzed, the Radiographic Left Atrial Dimension (RLAD) stood out as the most accurate for distinguishing between healthy and affected dogs, with an area under the ROC curve (AUC) of 0.91, sensitivity of 72%, and specificity of 90%. The Thoracic Inlet Left Atrial Score (TILAS) also demonstrated promising potential, particularly in dogs with vertebral abnormalities, as it does not rely on spinal anatomical landmarks, making it a useful alternative in such cases. These findings represent significant technological impacts, providing high-performance diagnostic tools suitable for veterinary clinics with limited resources. Socially, the study contributes to earlier and more accurate diagnoses, which enhances treatment outcomes and quality of life for dogs with cardiac disease. The research included external institutions and clinics from outside UFLA, characterizing the project as extension-oriented and promoting direct impact on the practical training of undergraduate and graduate students in veterinary diagnostic imaging. The geographical area impacted includes the cities of Lavras and Belo Horizonte, with participation of faculty members, collaborating radiologists, and students from the involved institutions. This work fits within at least three thematic areas of Brazil's National Extension Policy: 4 – Education, 6 – Health, and 7 – Technology and Production, by fostering methodological innovation, professional training, and improvements in veterinary health services. It is also aligned with the United Nations Sustainable Development Goals, specifically SDG 3 (Good Health and Well-being), by promoting access to efficient diagnostics and improved animal care; SDG 4 (Quality Education), through student training and knowledge dissemination; and SDG 9 (Industry, Innovation and Infrastructure), by encouraging applicable technological solutions for under-resourced veterinary practices. The outcomes of this study are replicable and hold potential for national application in clinical settings, educational environments, and extension initiatives, contributing to the democratization of high-quality veterinary healthcare.

## LISTA DE SIGLAS

ACVIM – American College of Veterinary Internal Medicine  
AE/Ao – Razão Átrio Esquerdo/Aorta  
AUC – Área sob a Curva (Area Under the Curve)  
CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico  
CRM – Conselho Regional de Medicina  
DMVM – Doença Mixomatosa Valvar Mitral  
Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
IBICT – Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia  
ICC – Insuficiência Cardíaca Congestiva  
IECA – Inibidor da Enzima Conversora de Angiotensina  
LOA – Lei Orçamentária Anual  
M-VLAS – Modified Vertebral Left Atrial Size  
NT-proBNP – N-terminal pro-B-type natriuretic peptide  
ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ONU)  
RAAS – Sistema Renina-Angiotensina-Aldosterona  
RLAD – Radiographic Left Atrial Dimension  
ROC – Receiver Operating Characteristic  
SDG – Sustainable Development Goals  
TIHS – Thoracic Inlet Heart Size  
TILAS – Thoracic Inlet Left Atrial Score  
UFLA – Universidade Federal de Lavras  
VHS – Vertebral Heart Score  
VLAS – Vertebral Left Atrial Size

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 1

**Figura 1:** Corte paraesternal direito do eixo curto do coração (Fonte: Adaptado de ESTRADA, 2017).

**Figura 2:** Corte paraesternal direito com as mensurações de átrio esquerdo (AE) e da Aorta (Ao) para o cálculo de AE/Ao. (Fonte: Adaptado de SALGUERO et al., 2018).

**Figura 3:** Imagens ecocardiográficas em corte paraesternal direito de dois cães com a relação AE/Ao normal (A) e aumentada (B) (Fonte: Adaptado de CHETBOUL; TISSIER, 2012).

**Figura 4:** Imagem ecocardiográfica sem (A) e com (B) *Doppler* colorido de cão com DMVM (Fonte: Adaptado de STERN et al., 2015).

**Figura 5:** Posicionamento radiográfico para projeção lateral e imagens radiográficas em incidência lateral direita (A) e esquerda (B) (Fonte: Adaptado de BROWN et al., 2022).

**Figura 6:** Posicionamento radiográfico para projeção ventrodorsal (A) e dorsoventral (B) (Fonte: Adaptado de BROWN et al., 2022).

**Figura 7:** Projeção radiográfica lateral direita demonstrando abaulamento (seta) em região de átrio esquerdo (borda cardíaca dorsocaudal) (Fonte: Adaptado de MUHLBAUER et al., 2024).

### Capítulo 2

**Figura 8:** Métodos quantitativos de avaliação radiográfica do tamanho cardíaco global (A e F) e do átrio esquerdo (B, C, D, E).

**Figura 9:** Diagramas de dispersão de AE/Ao, VHS, TIHS, VLAS, RLAD, M-VLAS e TILAS nos diferentes estágios da Diretriz do Colégio Americano de Medicina Interna (ACVIM).

**Figura 10:** Correlações lineares positivas entre as medidas radiográficas avaliadas no presente estudo e o AE/Ao. AE/Ao: razão átrio esquerdo-aorta;

**Figura 11:** Comparação das curvas ROC das medidas VHS, RLAD, VLAS, M-VLAS, TILAS e TIHS na detecção de DMVM (A), de aumento do átrio esquerdo (B) e na distinção entre casos B1 e B2 (C).

## **LISTA DE TABELAS**

**TABELA 1:** Variáveis ecocardiográficas e radiográficas do tamanho cardíaco em 80 cães com DMVM e 10 cães sem cardiopatias (controle).

**TABELA 2:** Resultados da análise da curva ROC e pontos de corte diagnósticos na predição de cães sem e com DMVM.

**TABELA 3:** Resultados da análise da curva ROC e pontos de corte diagnósticos na predição de cães sem e com aumento de átrio esquerdo.

**TABELA 4:** Resultados da análise da curva ROC e pontos de corte diagnósticos na distinção de cães em estágio B1 e B2.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1: RIVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>15</b>
<b>1. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>15</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Etiologia, Fisiopatologia e Epidemiologia da DMVM .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Métodos de diagnóstico .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3 Estadiamento da DMVM .....</b>	<b>19</b>
<b>2.4 Avaliação ecocardiográfica da DMVM.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5 Avaliação radiográfica do coração .....</b>	<b>24</b>
<b>2.5.1. Avaliação radiográfica do coração: Métodos quantitativos.....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO 2: Mensuração radiográfica do átrio esquerdo de cães com e sem doença mixomatosa valvar mitral.....</b>	<b>30</b>
<b>3. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>30</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1. Animais, materiais e métodos .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2. Animais selecionados .....</b>	<b>31</b>
<b>4.3. Critérios de seleção .....</b>	<b>31</b>
<b>4.4. Critérios de exclusão.....</b>	<b>32</b>
<b>4.5. Avaliação ecocardiográfica .....</b>	<b>32</b>
<b>4.6. Avaliação radiográfica .....</b>	<b>32</b>
<b>4.6.1. Vertebral Heart Score (VHS): .....</b>	<b>33</b>
<b>4.6.2. Thoracic Inlet Heart Size (TIHS): .....</b>	<b>33</b>
<b>4.6.3. Vertebral Left Atrial Size (VLAS): .....</b>	<b>33</b>
<b>4.6.4. Radiographic Left Atrial Dimension (RLAD):.....</b>	<b>33</b>
<b>4.6.5. Modified Vertebral Left Atrial Size (M-VLAS):.....</b>	<b>34</b>
<b>4.6.6. Thoracic Inlet Left Atrial Size (TILAS): .....</b>	<b>34</b>
<b>4.7. Análise estatística .....</b>	<b>36</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
<b>5.1. Comparação entre cães sem e com DMVM.....</b>	<b>41</b>
<b>5.2. Comparação entre cães sem e com aumento de átrio esquerdo .....</b>	<b>42</b>
<b>5.3. Comparação entre estágios B1 e B2 .....</b>	<b>43</b>
<b>6. DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>7. CONCLUSÕES .....</b>	<b>47</b>

## CAPÍTULO 1: RIVISÃO DE LITERATURA

### 1. INTRODUÇÃO GERAL

A doença mixomatosa da valva mitral (DMVM) é a cardiopatia adquirida mais comum em cães, e caracteriza-se por alterações degenerativas progressivas nas cúspides da valva mitral, com expansão da matriz extracelular, acúmulo de proteoglicanos e degradação do colágeno. Essas alterações resultam em insuficiência valvar e regurgitação mitral, levando ao remodelamento cardíaco esquerdo, com dilatação atrial progressiva. Nos estágios mais avançados, a DMVM pode evoluir para insuficiência cardíaca congestiva (ICC), marcada por congestão pulmonar, edema e hipertensão pulmonar pós-capilar secundária (KEENE et al., 2019; FOX et al., 2012).

A etiologia da DMVM não é completamente compreendida, mas fatores genéticos, predisposição racial e alterações celulares têm sido amplamente estudados. Raças como Cavalier King Charles Spaniels e Dachshunds são particularmente predispostas, sugerindo um componente hereditário. Adicionalmente, fatores como idade avançada, processos inflamatórios e alterações na matriz extracelular contribuem para a progressão da doença (BORGARELLI & HAGGSTROM, 2010; FOX et al., 2012).

O diagnóstico da DMVM envolve uma abordagem multidimensional, com base em achados clínicos, radiográficos e ecocardiográficos. A radiografia torácica é amplamente utilizada para avaliar sinais de cardiomegalia e congestão pulmonar, sendo complementar à ecocardiografia, que é o padrão-ouro para identificar regurgitação mitral e medir o tamanho do átrio esquerdo. Métodos quantitativos radiográficos foram propostos como ferramentas práticas para avaliação da progressão da doença e monitoramento de alterações estruturais. Estudos recentes têm desenvolvido novas metodologias, para melhorar a precisão e a reprodutibilidade na avaliação radiográfica do átrio esquerdo (BUCHANAN & BÜCHELER, 1995; MALCOLM et al., 2018; LAM et al., 2021; FERNÁNDEZ et al., 2023).

Além disso, o manejo da DMVM requer uma combinação de monitoramento clínico regular e terapias medicamentosas para controlar a progressão da regurgitação mitral e os sintomas da ICC. A integração de ferramentas diagnósticas precisas e consistentes é essencial para identificar cães em risco e ajustar o manejo clínico de forma eficiente (KEENE et al., 2019). A doença mixomatosa da valva mitral (DMVM) é a cardiopatia adquirida mais comum

em cães, e caracteriza-se por alterações degenerativas progressivas nas cúspides da valva mitral, com expansão da matriz extracelular, acúmulo de proteoglicanos e degradação do colágeno. Essas alterações resultam em insuficiência valvar e regurgitação mitral, levando ao remodelamento cardíaco esquerdo, com dilatação atrial progressiva. Nos estágios mais avançados, a DMVM pode evoluir para insuficiência cardíaca congestiva (ICC), marcada por congestão pulmonar, edema e hipertensão pulmonar pós-capilar secundária (KEENE et al., 2019; FOX et al., 2012).

A etiologia da DMVM não é completamente compreendida, mas fatores genéticos, predisposição racial e alterações celulares têm sido amplamente estudados. Raças como Cavalier King Charles Spaniels e Dachshunds são particularmente predispostas, sugerindo um componente hereditário. Adicionalmente, fatores como idade avançada, processos inflamatórios e alterações na matriz extracelular contribuem para a progressão da doença (BORGARELLI & HAGGSTROM, 2010; FOX et al., 2012).

O diagnóstico da DMVM envolve uma abordagem multidimensional, com base em achados clínicos, radiográficos e ecocardiográficos. A radiografia torácica é amplamente utilizada para avaliar sinais de cardiomegalia e congestão pulmonar, sendo complementar à ecocardiografia, que é o padrão-ouro para identificar regurgitação mitral e medir o tamanho do átrio esquerdo. Métodos quantitativos radiográficos foram propostos como ferramentas práticas para avaliação da progressão da doença e monitoramento de alterações estruturais. Estudos recentes têm desenvolvido novas metodologias, para melhorar a precisão e a reprodutibilidade na avaliação radiográfica do átrio esquerdo (BUCHANAN & BÜCHELER, 1995; MALCOLM et al., 2018; LAM et al., 2021; FERNÁNDEZ et al., 2023).

Além disso, o manejo da DMVM requer uma combinação de monitoramento clínico regular e terapias medicamentosas para controlar a progressão da regurgitação mitral e os sintomas da ICC. A integração de ferramentas diagnósticas precisas e consistentes é essencial para identificar cães em risco e ajustar o manejo clínico de forma eficiente (KEENE et al., 2019).

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Etiologia, Fisiopatologia e Epidemiologia da DMVM**

A doença mixomatosa da valva mitral (DMVM) é uma das cardiopatias adquiridas mais prevalentes em cães, especialmente em raças de pequeno porte e idosos. Sua etiologia não é completamente compreendida, mas estudos apontam para um componente genético significativo, com predisposição observada em raças como Cavalier King Charles Spaniel, Poodle Miniatura e Dachshund. Em Cavalier King Charles Spaniels e Dachshunds, a hereditariedade parece seguir um modelo poligênico. Outros fatores incluem predisposições relacionadas ao envelhecimento e processos inflamatórios localizados (KEENE et al., 2019; FOX et al., 2012).

No nível celular, a DMVM é caracterizada por alterações degenerativas na valva mitral, incluindo expansão da matriz extracelular com acúmulo de proteoglicanos e glicosaminoglicanos, alterações nas células intersticiais valvares que passam de um estado fibroblástico para miofibroblástico, e perda da camada fibrótica colágena. Essas mudanças comprometem a integridade estrutural das cúspides valvares, levando à deformação das cúspides e das cordas tendíneas, culminando em regurgitação mitral crônica (FOX et al., 2012).

A fisiopatologia da DMVM envolve um ciclo progressivo de alterações estruturais e funcionais no aparelho mitral. Inicialmente, a degeneração valvar compromete a integridade das cúspides, resultando em regurgitação mitral crônica devido à falha na coaptação valvar, o que permite o refluxo de sangue para o átrio esquerdo durante a sístole. Esse refluxo causa sobrecarga volumétrica no átrio esquerdo, levando à sua dilatação progressiva como mecanismo de compensação. A pressão elevada no átrio esquerdo pode desencadear congestão pulmonar e, em estágios mais avançados, edema pulmonar – sinais típicos da transição para insuficiência cardíaca congestiva (KEENE et al., 2019; FOX et al., 2012).

Com o avanço da doença, o ventrículo esquerdo também sofre sobrecarga volumétrica, já que precisa acomodar tanto o fluxo normal proveniente do átrio quanto o volume regurgitado. Isso leva à hipertrofia excêntrica ventricular, resultando em remodelamento cardíaco progressivo. Além disso, a ativação do sistema renina-angiotensina-aldosterona (RAAS) exacerba o remodelamento cardíaco, contribuindo para a disfunção miocárdica. Em casos graves, a ruptura de cordas tendíneas pode agravar significativamente a regurgitação mitral,

acelerando a progressão da doença. Adicionalmente, a dilatação do átrio esquerdo pode comprimir estruturas adjacentes, como os brônquios principais, causando sintomas como tosse (FOX et al., 2012).

A DMVM é a principal causa de insuficiência cardíaca congestiva em cães, além disso, a prevalência aumenta com a idade; mais de 90% dos cães de raças pequenas com mais de oito anos apresentam algum grau de degeneração valvar (FOX et al., 2012). A doença é diagnosticada predominantemente em cães machos, que frequentemente desenvolvem a condição em idades mais precoces do que as fêmeas. Em 62% dos casos, apenas a valva mitral é afetada, enquanto em 33% há envolvimento concomitante da valva tricúspide. Embora a progressão natural da doença seja lenta, ela pode variar amplamente entre os indivíduos, com alguns cães permanecendo assintomáticos por anos (FOX et al., 2012; KEENE et al., 2019).

## **2.2 Métodos de diagnóstico**

A DMVM é diagnosticada por meio de uma combinação de sinais clínicos, exames físicos e ferramentas diagnósticas, como radiografia torácica, ecocardiografia e biomarcadores. O processo diagnóstico geralmente começa com o exame clínico, onde a auscultação cardíaca frequentemente revela um sopro sistólico esquerdo, característico da regurgitação mitral. Esse sopro é um achado precoce e pode ser o único sinal evidente em estágios iniciais da doença, especialmente em cães assintomáticos. À medida que a DMVM progride, sinais clínicos adicionais, como tosse, intolerância ao exercício e dispneia, podem se manifestar, indicando insuficiência cardíaca congestiva (KEENE et al., 2019).

A radiografia torácica é amplamente utilizada como uma ferramenta essencial para avaliar o tamanho da silhueta cardíaca e identificar sinais de congestão e edema pulmonar, especialmente em casos avançados. Além disso, métodos quantitativos auxiliam na mensuração objetiva do tamanho do coração. A dilatação do átrio esquerdo, um marcador significativo de progressão da doença, também pode ser visualizada na radiografia. Embora menos precisa do que a ecocardiografia para avaliar alterações cardíacas específicas, a radiografia é acessível e útil para monitorar a progressão da DMVM e a resposta ao tratamento (KEENE et al., 2019).

A ecocardiografia, considerada o padrão-ouro para o diagnóstico e estadiamento da DMVM, permite a avaliação detalhada das cúspides da valva mitral, identificando alterações características como espessamento e prolapso valvar. Também possibilita a quantificação da

regurgitação mitral por meio da modalidade Doppler, além da mensuração do tamanho do átrio esquerdo e do ventrículo esquerdo, aspectos fundamentais para o estadiamento clínico da doença. A ecocardiografia é indispensável para confirmar o diagnóstico, avaliar a gravidade da regurgitação mitral e orientar o manejo terapêutico (FOX et al., 2012; KEENE et al., 2019).

Os biomarcadores, como o NT-proBNP (N-terminal pro-B-type natriuretic peptide), são ferramentas complementares úteis para detectar disfunção cardíaca subclínica e monitorar a progressão da doença. Níveis elevados de NT-proBNP estão relacionados à sobrecarga volumétrica e ao aumento da pressão atrial, sendo preditores de insuficiência cardíaca iminente (KEENE et al., 2019).

Por fim, o estadiamento clínico da DMVM, conforme proposto por Keene et al. (2019), classifica os cães em quatro estágios: A, B1, B2, C e D. Essa abordagem sistemática é essencial para uma avaliação precisa da doença e o estabelecimento de estratégias terapêuticas adequadas.

### **2.3 Estadiamento da DMVM**

O estadiamento da DMVM é fundamental para a avaliação da gravidade da doença e para orientar o manejo clínico. A classificação mais amplamente utilizada é a proposta pelo American College of Veterinary Internal Medicine (ACVIM), que divide a DMVM em quatro estágios principais (KEENE et al., 2019). Este sistema considera os sinais clínicos, alterações estruturais, além da presença de insuficiência cardíaca congestiva, permitindo uma abordagem individualizada para cada paciente.

**Estágio A:** Cães predispostos à DMVM devido a características raciais, mas que ainda não apresentam sinais clínicos (sopro) ou alterações estruturais cardíacas detectáveis nos exames. Para esses animais, recomenda-se apenas acompanhamento periódico com auscultação cardíaca anual. Não há indicação de tratamento medicamentoso ou dietético. Em cães destinados à reprodução, caso desenvolvam sopro ou sinais iniciais de regurgitação mitral antes dos 6-8 anos de idade, recomenda-se que sejam retirados dos programas de criação.

**Estágio B:** Cães que apresentam sopro cardíaco de regurgitação mitral detectado na auscultação, mas sem sinais clínicos de ICC. Este estágio é subdividido em:

B1: Cães apresentam sopro, porém sem evidência significativa de aumento do átrio ou do ventrículo esquerdo, seja em radiografias ou ecocardiografias. Para esses cães, não se recomenda tratamento medicamentoso; apenas monitoramento periódico a cada 6 a 12 meses.

B2: Cães apresentam remodelamento cardíaco significativo, evidenciado por critérios como sopro  $\geq 3$ , relação átrio esquerdo/aorta (LA/Ao)  $\geq 1,6$ , diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole normalizado  $\geq 1,7$  e escore vertebral cardíaco (VHS)  $> 10,5$ . Para esses cães, recomenda-se o início de tratamento com pimobendan, dieta com restrição leve de sódio e, em alguns casos, a introdução de inibidores da enzima conversora de angiotensina (IECA).

Estágio C: Cães com doença mitral tão avançada que já apresentaram ou estão apresentando sinais clínicos de insuficiência cardíaca congestiva, como tosse, taquipneia e dispneia. O diagnóstico é feito através da combinação de exame físico, radiografias torácicas, ecocardiografia e exames laboratoriais básicos. O tratamento envolve o uso de furosemida (diurético), pimobendan, IECA e espironolactona. É fundamental monitorar a condição clínica em casa, principalmente através da contagem da frequência respiratória em repouso, pois aumentos indicam descompensação iminente. A dieta deve ser ajustada para garantir uma ingestão calórica e proteica adequada, evitando a perda de massa corporal e combatendo a caquexia cardíaca.

Estágio D: cães com insuficiência cardíaca refratária ao tratamento padrão do estágio C. São pacientes que, apesar da administração adequada de diuréticos, pimobendan, IECA e espironolactona, continuam apresentando sinais clínicos graves. O manejo desses casos inclui o aumento das doses de diuréticos (frequentemente substituindo a furosemida por torsemida), uso de vasodilatadores como hidralazina ou amlodipino, e administração de sildenafil para controlar a hipertensão pulmonar associada. O suporte inclui oxigenoterapia, drenagem de efusões quando necessário e, eventualmente, medidas paliativas ou cirurgia corretiva em centros especializados. O objetivo é manter a melhor qualidade de vida possível enquanto houver resposta ao tratamento.

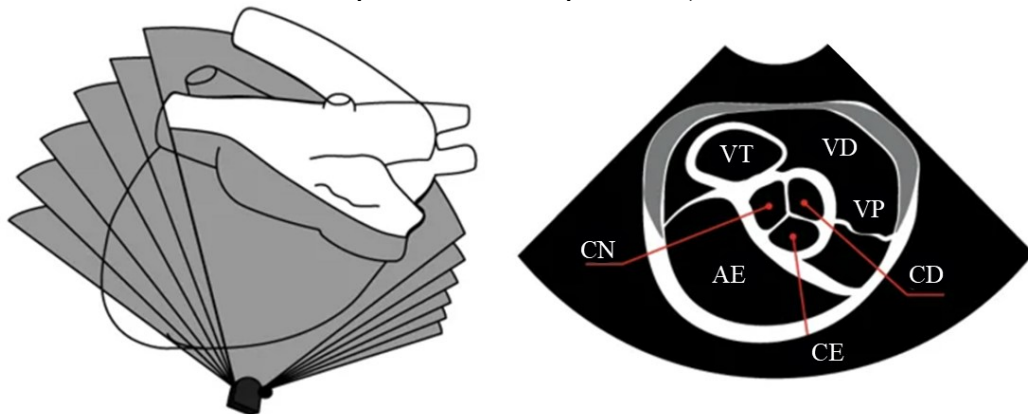
## **2.4 Avaliação ecocardiográfica da DMVM**

A avaliação ecocardiográfica é o padrão-ouro para o diagnóstico e monitoramento da DMVM em cães, fornecendo informações detalhadas sobre as alterações estruturais e funcionais associadas à progressão da doença. Um dos primeiros parâmetros a serem utilizados

é a relação entre o átrio esquerdo e a aorta (AE/Ao), que mede o grau de dilatação atrial esquerda, um indicador chave de sobrecarga volumétrica e remodelamento cardíaco (CHETBOUL & TISSIER, 2012; MIHARA et al., 2021).

A relação AE/Ao é utilizada para avaliar o tamanho do átrio esquerdo (AE) em relação à raiz da aorta (Ao), permitindo monitorar o remodelamento cardíaco em doenças como a DMVM. Essa medida é obtida a partir de imagens ecocardiográficas no modo bidimensional (2D), utilizando o corte paraesternal direito no eixo curto, com o cão posicionado em decúbito lateral direito. Durante o exame, o anel aórtico é visualizado em seção transversal, e o átrio esquerdo aparece posteriormente na imagem (Figura 1) (KEENE et al., 2019; SCHWARZ, 2024).

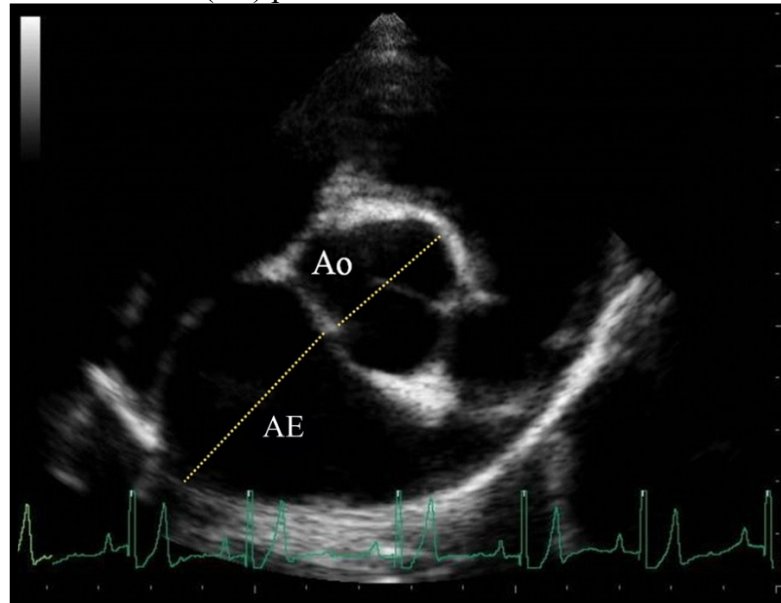
**Figura 1.** Corte paraesternal direito do eixo curto do coração, no qual é possível visualizar átrio esquerdo (AE) e aorta composta pela cúspide não coronariana (CN), cúspide coronariana esquerda (CE) e cúspide coronariana direita (CD) (VD: Ventrículo direito; VT: Valva tricúspide; VP: Valva pulmonar).



Fonte: Adaptado de ESTRADA, (2017).

A medição é feita na fase final da diástole, momento em que o átrio esquerdo está completamente expandido e a raiz aórtica permanece estável. Para calcular a relação, mede-se o diâmetro do átrio esquerdo, do limite interno da parede posterior do átrio esquerdo até a borda interna da raiz da aorta, e o diâmetro da aorta, entre as bordas internas da raiz aórtica no nível das cúspides da valva aórtica (Figura 2). Esses valores são usados na fórmula:  $AE/Ao = \text{Diâmetro do Átrio Esquerdo} \div \text{Diâmetro da Aorta}$  (CHETBOUL & TISSIER, 2012; HANSSON et al., 2002; SCHWARZ, 2024).

**Figura 2.** Corte paraesternal direito com as mensurações de átrio esquerdo (AE) e da Aorta (Ao) para o cálculo de AE/Ao.

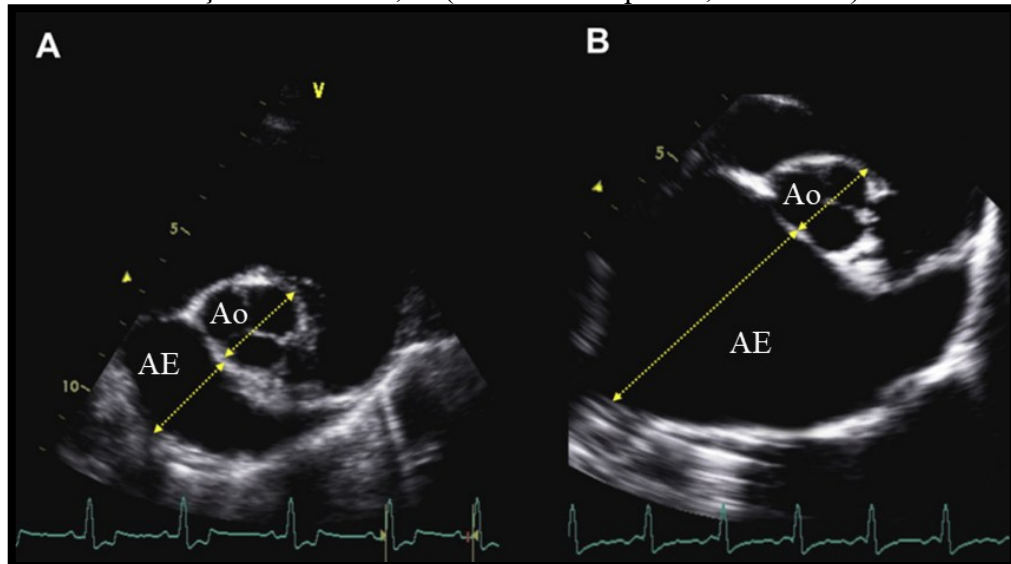


Fonte: Adaptado de SALGUERO et al., (2018).

Em cães saudáveis, a relação AE/Ao é tipicamente  $<1,5$ , enquanto valores  $>1,6$  indicam dilatação do átrio esquerdo (HANSSON, HÄGGSTRÖM, KVART E LORD, 2002; KEENE et al., 2019). No estágio B1 da DMVM, os valores de AE/Ao geralmente permanecem próximos ao normal ou apresentam aumentos leves (1,5 a 1,6). Já no estágio B2, a dilatação do átrio esquerdo torna-se mais evidente, com valores geralmente  $>1,6$  (KEENE et al., 2019). Em estágios mais avançados, como C e D, valores significativamente elevados de AE/Ao (Figura 3) refletem uma sobrecarga volumétrica severa e estão associados a um risco elevado de complicações, como hipertensão pulmonar pós-capilar e insuficiência cardíaca congestiva esquerda (CHETBOUL; TISSIER, 2012; MIHARA et al., 2021).

Outras medições ecocardiográficas complementam a análise e fornecem uma visão detalhada da função e da estrutura cardíaca. O tamanho do ventrículo esquerdo normalizado pelo peso corporal, por exemplo, é um parâmetro útil para avaliar a dilatação ventricular em cães de diferentes tamanhos. Valores normais do diâmetro interno do ventrículo esquerdo em diástole (LVIDd) normalizados pelo peso corporal (LVIDdN) são aproximadamente  $<1,7$ . Valores acima desse intervalo sugerem hipertrofia excêntrica, indicativa de sobrecarga volumétrica crônica associada à regurgitação mitral (CORNELL et al., 2004).

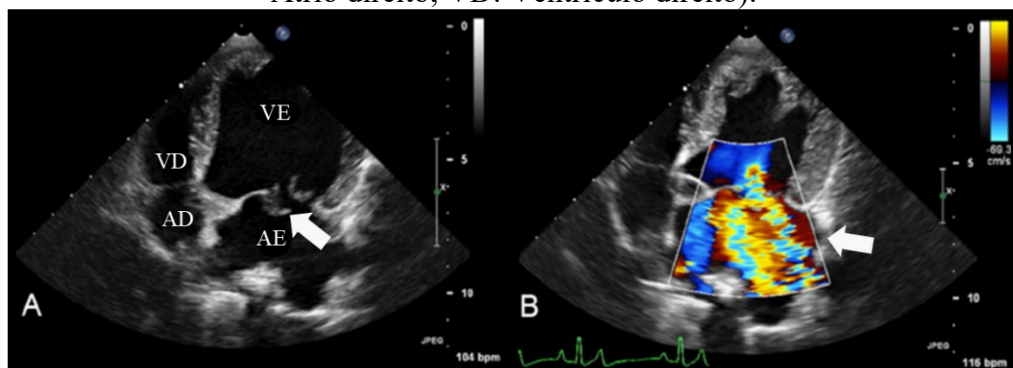
**Figura 3.** Imagens ecocardiográficas em corte paraesternal direito de dois cães com a relação AE/Ao normal (A) e aumentada (B). Em A observa-se uma relação AE/Ao = 1,0 e em B uma relação AE/Ao = 2,86 (AE: Átrio esquerdo; Ao: Aorta).



Fonte: Adaptado de CHETBOUL; TISSIER, (2012).

A análise ecocardiográfica com Doppler é utilizada para avaliar a regurgitação mitral e suas implicações hemodinâmicas em cães com DMVM. Esse método permite visualizar o jato regurgitante e determinar sua gravidade, fornecendo informações sobre o grau de sobrecarga volumétrica no átrio esquerdo e no ventrículo esquerdo (Figura 4) (CHETBOUL & TISSIER, 2012). Esses parâmetros são importantes para identificar alterações precoces na função cardíaca, orientar o manejo clínico e prever a evolução da DMVM (KEENE et al., 2019).

**Figura 4.** Imagem ecocardiográfica em corte apical esquerdo de 4 câmaras sem (A) e com (B) *Doppler* colorido de cão com DMVM. Em A é possível visualizar o prolapso da valva mitral (seta branca) para o átrio esquerdo (AE). Em B, o *Doppler* colorido demonstra refluxo sanguíneo (seta branca) do ventrículo esquerdo (VE) para o átrio esquerdo (AE). (AD: Átrio direito; VD: Ventrículo direito).

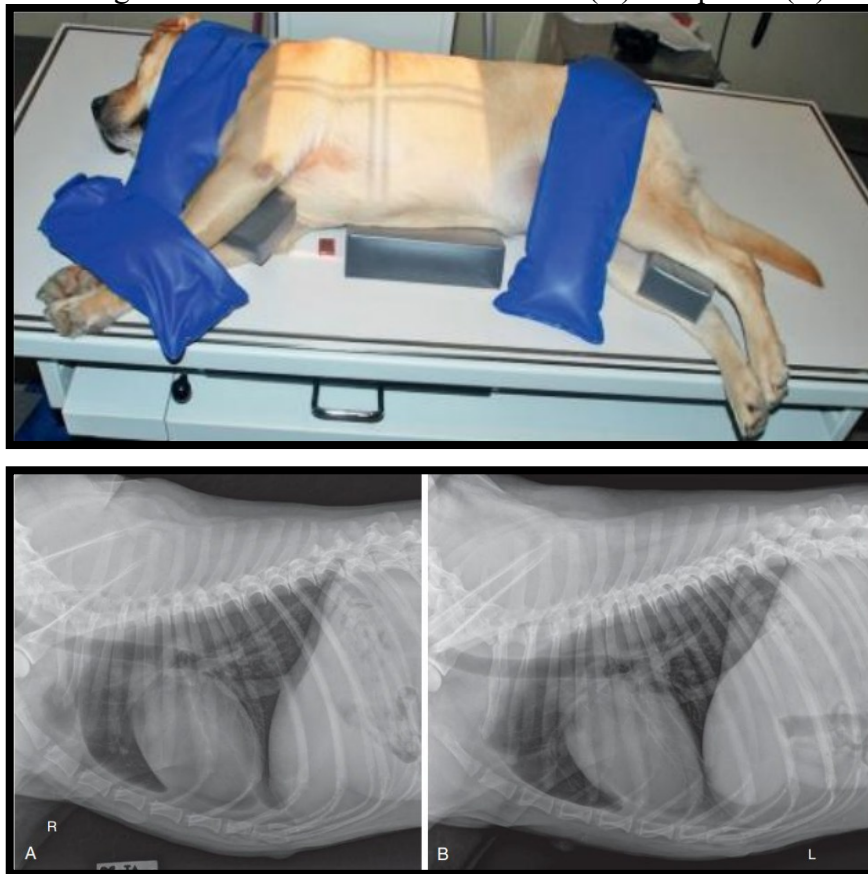


Fonte: Adaptado de STERN et al., (2015).

## 2.5 Avaliação radiográfica do coração

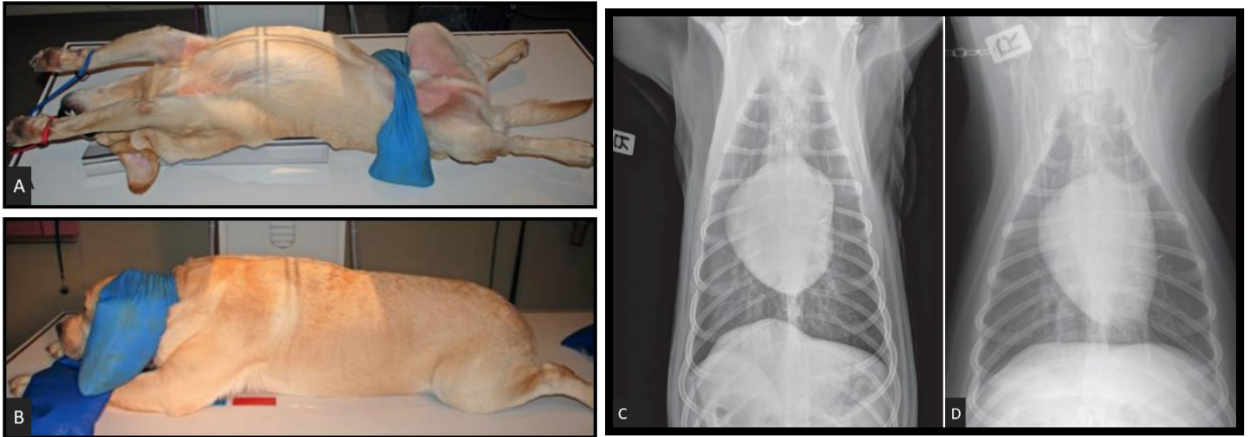
A avaliação radiográfica do coração é uma ferramenta importante no diagnóstico de alterações cardiovasculares em cães e gatos, permitindo identificar cardiomegalia, alterações vasculares e sinais de ICC. Embora a ecocardiografia seja mais precisa para avaliar a função e a morfologia cardíaca, a radiografia torácica oferece informações essenciais sobre o estado geral do sistema cardiovascular, especialmente para detectar alterações pulmonares e vasculares associadas a doenças cardíacas. Projeções laterais (direita e esquerda) (Figura 5), ventrodorsais e dorsoventrais (Figura 6) são amplamente utilizadas, sendo que a última é preferida para otimizar a visualização da vascularização pulmonar (BROWN et al., 2022; MUHLBAUER et al., 2024; SEILER; THRALL, 2024).

**Figura 5.** Posicionamento radiográfico para projeção lateral (Imagem superior) e imagens radiográficas em incidência lateral direita (A) e esquerda (B).



Fonte: Adaptado de BROWN et al., (2022).

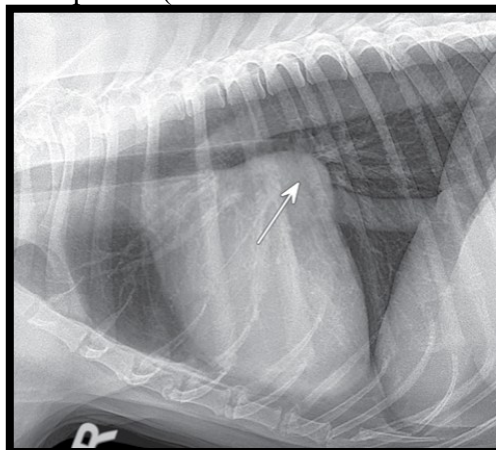
**Figura 6.** Posicionamento radiográfico para projeção ventrodorsal (A) e dorsoventral (B) e imagens radiográficas em incidência ventrodorsal (C) e dorsoventral (D).



Fonte: Adaptado de BROWN et al., (2022).

Na projeção lateral (Figura 7), o aumento do átrio esquerdo pode ser identificado como uma proeminência na região caudodorsal da silhueta cardíaca. Na projeção dorsoventral, o deslocamento lateral da margem atrial esquerda pode ser observado como um contorno cardíaco irregular. A observação de sinais indiretos, como compressão dos brônquios principais pelo átrio esquerdo dilatado, está associada a sintomas clínicos como tosse (MUHLBAUER et al., 2024; SEILER; THRALL, 2024).

**Figura 7.** Projeção radiográfica lateral direita demonstrando abaulamento (seta) em região de átrio esquerdo (borda cardíaca dorsocaudal).



Fonte: Adaptado de MUHLBAUER et al., (2024).

A avaliação qualitativa também inclui a análise do parênquima pulmonar em busca de evidências de congestão ou edema, como a presença de opacidades intersticiais ou alveolares,

muitas vezes distribuídas nas regiões dorsocaudais. Embora a interpretação radiográfica qualitativa dependa da experiência do avaliador, ela fornece informações fundamentais para guiar decisões clínicas e complementa os métodos quantitativos, como o Vertebral Heart Score (VHS) e o Vertebral Left Atrial Size (VLAS), para avaliação da progressão da doença (SEILER; THRALL, 2024).

A radiografia torácica é destacada no consenso de Keene et al. (2019) como uma ferramenta importante na avaliação e acompanhamento de cães com DMVM, especialmente em situações em que a ecocardiografia não está disponível ou para investigar complicações secundárias como congestão e edema pulmonar. O consenso enfatiza que a radiografia é importante para avaliar a presença de edema pulmonar em cães que apresentam sinais clínicos, como tosse e dispneia. Além disso, a radiografia pode ser útil em estágios como o B2, para avaliar alterações no tamanho cardíaco, e nos estágios C e D, para monitorar a progressão da doença e a resposta ao tratamento (KEENE et al., 2019).

Embora a radiografia seja amplamente utilizada e acessível, Keene et al., (2019) ressalta que ela não substitui a ecocardiografia na avaliação da gravidade da regurgitação mitral ou de outras alterações cardíacas específicas. No entanto, é uma ferramenta essencial para identificar complicações secundárias relacionadas à ICC e monitorar o quadro clínico de cães com DMVM.

### **2.5.1. Avaliação radiográfica do coração: Métodos quantitativos**

O desenvolvimento de métodos quantitativos para a avaliação radiográfica cardíaca trouxe avanços importantes na detecção de alterações cardíacas em cães, numa época onde o acesso a ecocardiografia era ainda mais limitado. O Vertebral Heart Score (VHS), introduzido por Buchanan e Bücheler em 1995, foi o primeiro método quantitativo amplamente utilizado na prática veterinária. O VHS mede o comprimento e a largura da silhueta cardíaca (eixos longo e curto) em projeções radiográficas laterais, normalizando essas dimensões em unidades vertebrais a partir da quarta vértebra torácica. Com um valor de referência de  $9,7 \pm 1,0$  vértebras (v), o VHS tinha como objetivo detectar cardiomegalia de maneira objetiva, embora futuramente percebeu-se que sua aplicação era influenciada por variações entre raças e condições anatômicas, como anomalias vertebrais (BORGARELLI; BUCHANAN, 2012; BUCHANAN; BÜCHELER, 1995; BUCHANAN; SCI, 2000; LEVICAR et al., 2022).

Para abordar algumas das limitações associadas ao VHS, como a influência de anomalias vertebrais e variações anatômicas, Fernández et al., (2023) propôs o Thoracic Inlet Heart Size (TIHS) como uma alternativa. Este método utiliza a entrada torácica como ponto de referência para a mensuração do tamanho cardíaco em radiografias laterais, eliminando a dependência de estruturas vertebrais. Este método utiliza o comprimento do eixo longo e do eixo curto do coração, somados e divididos pelo comprimento da entrada torácica, que é medida da borda craniodorsal do manúbrio à borda ventral da primeira vértebra torácica. Segundo os autores, a relação entre o diâmetro do coração e a largura da entrada torácica permite uma avaliação mais consistente, independentemente de diferenças entre raças ou conformações corporais. O intervalo de normalidade identificado foi de 2,31 a 3,60, com um limite superior de  $\geq 3,2$  sugerido como referência prática para o tamanho cardíaco normal em cães saudáveis, com base em uma população de cães com pesos variando de 1,8 a 48,5 kg (FERNÁNDEZ et al., 2023).

Foram desenvolvidos também métodos focados em áreas específicas, como o átrio esquerdo, devido à sua importância como indicador de progressão da DMVM. Todos são realizados em projeções laterais. O Vertebral Left Atrial Size (VLAS), proposto por Malcolm et al. (2018), utiliza a distância entre a carina da traqueia e a borda dorsal do átrio esquerdo, expressa em unidades vertebrais, para avaliar a dilatação atrial. Neste estudo, um valor de corte de  $\geq 2,3v$  foi estabelecido como indicativo de aumento atrial esquerdo. O VLAS se mostrou uma alternativa prática e confiável para a avaliação radiográfica do átrio esquerdo, contribuindo para a identificação de cães com sobrecarga volumétrica crônica associada à DMVM (MALCOLM et al., 2018).

Outro método foi proposto por Salguero et al., (2018), o Radiographic Left Atrial Dimension (RLAD). Semelhante ao VHS, o RLAD utiliza dois eixos principais: um eixo longo, traçado a partir da borda ventral da traqueia até o ápice cardíaco, e um eixo curto, medido perpendicularmente no nível da borda dorsal da veia cava caudal. A dimensão do RLAD é obtida traçando uma linha que divide ao meio o ângulo de  $90^\circ$  formado no ponto de cruzamento desses eixos. Um valor de corte de  $\geq 1,8v$  foi identificado como um ponto de referência para indicar dilatação atrial. Esse método demonstrou alta precisão, com sensibilidade de 93,5% e especificidade de 96,8% para a detecção de aumento atrial esquerdo em cães com DMVM no estágio B2 (SALGUERO et al., 2018).

Metodologias mais recentes, como o Modified Vertebral Left Atrial Size (M-VLAS) e o Thoracic Inlet Left Atrial Score (TILAS), foram introduzidas como alternativas das medições radiográficas do átrio esquerdo. O M-VLAS, proposto por Lam et al. (2021), utiliza medições bidimensionais para avaliar a dilatação do átrio esquerdo com maior precisão. Para sua obtenção, traçam-se dois eixos principais: um eixo longo, que se estende da borda ventral da traqueia, no nível da carina, até a borda dorsal da veia cava caudal; e um eixo curto, perpendicular ao eixo longo, medido até a margem dorsal do átrio esquerdo. Este método apresentou alta precisão diagnóstica, com sensibilidade de 92,7% e especificidade de 93,1%, utilizando um valor de corte estabelecido em  $\geq 3,4v$  para identificar dilatação atrial esquerda (LAM et al., 2021).

Por outro lado, o Thoracic Inlet Left Atrial Score (TILAS), descrito por Fernández et al. (2023), é uma metodologia que utiliza a entrada torácica como ponto de referência anatômica, eliminando as limitações associadas a variações vertebrais como as observadas em estudos com o VHS (BORGARELLI; BUCHANAN, 2012; LEVICAR et al., 2022). O TILAS mede a relação entre o diâmetro do átrio esquerdo, medido como uma linha reta desde a borda ventral da carina até a borda mais caudal do átrio esquerdo, passando pelo ponto de cruzamento da borda dorsal da veia cava caudal, e a largura da entrada torácica, definida como a distância entre o manúbrio esternal e a borda dorsal da primeira vértebra torácica. Um valor de corte de  $< 0,8$  foi identificado como o ponto ideal para discriminar cães com aumento atrial esquerdo, com uma sensibilidade de 77% e especificidade de 83%, sendo comparável em desempenho ao RLAD e ao M-VLAS (FERNÁNDEZ et al., 2023).

A variabilidade interobservador é um fator crítico na escolha de métodos radiográficos para avaliação cardíaca, especialmente em estudos que dependem de consistência entre diferentes avaliadores. O VHS apresentou variações significativas entre observadores em alguns estudos. No trabalho original de Buchanan & Bücheler (1995), os autores já destacavam a possibilidade de diferenças interobservador devido à dificuldade em determinar com precisão os pontos anatômicos de referência, como o ápice cardíaco e a borda cranial do coração. Em um estudo mais recente, Levicar et al. (2022) compararam métodos como VHS, RLAD e VLAS e observaram que o VHS apresenta maior variabilidade interobservador, possivelmente devido à subjetividade na identificação dos eixos longo e curto da silhueta cardíaca, além da dependência da experiência do avaliador. De forma similar, Fernández et al. (2023) mencionaram que, embora o VHS seja amplamente difundido, ele possui limitações em termos

de consistência interobservador quando comparado a métodos mais modernos, como o TILAS e o RLAD. Esses estudos reforçam a importância de considerar a reprodutibilidade interobservador na escolha do método radiográfico, especialmente para aplicações clínicas e de pesquisa que demandam alta precisão (FERNÁNDEZ et al., 2023; LEVICAR et al., 2022).

Os estudos citados possuem importantes conclusões em comum. Métodos tradicionais, como o VHS, apresentaram maior dependência da experiência do avaliador, com variações interobservador frequentemente associadas à subjetividade na identificação de pontos anatômicos de referência (BUCHANAN & BÜCHELER, 1995; LEVICAR et al., 2022). Em contrapartida, métodos mais modernos, como o VLAS, RLAD, M-VLAS e TILAS, demonstraram maior reprodutibilidade devido à definição mais clara dos pontos de medição e menor dependência de interpretação subjetiva (LEVICAR et al., 2022; FERNÁNDEZ et al., 2023). Outro fator relevante apontado pelos estudos é o impacto das variações anatômicas entre raças, que influencia a confiabilidade de métodos baseados em estruturas vertebrais, como o VHS e o VLAS, mas é menos significativo em técnicas como o TILAS, que utiliza a entrada torácica como referência anatômica fixa (FERNÁNDEZ et al., 2023).

## **CAPÍTULO 2: MENSURAÇÃO RADIOGRÁFICA DO ÁTRIO ESQUERDO DE CÃES COM E SEM DOENÇA MIXOMATOSA VALVAR MITRAL**

### **3. INTRODUÇÃO**

A doença mixomatosa valvar mitral (DMVM) é a cardiopatia mais prevalente em cães e a principal causa de insuficiência cardíaca congestiva (ICC) nessa espécie. Afetando principalmente raças de pequeno porte e cães idosos, a DMVM é caracterizada pela degeneração progressiva da valva mitral, que leva à regurgitação crônica e ao remodelamento cardíaco. A progressão da doença culmina em aumento da pressão no átrio esquerdo, edema e congestão pulmonar, sinais característicos da transição para ICC (KEENE et al., 2019).

O aumento do átrio esquerdo, frequentemente causado por sobrecarga volumétrica pela regurgitação mitral, é um indicador significativo da gravidade da DMVM e um preditor importante de desfecho clínico (FLETCHER et al., 2012). Embora a ecocardiografia seja amplamente reconhecida como o padrão-ouro para avaliação do átrio esquerdo, sua disponibilidade na rotina da prática clínica pode ser limitada devido ao custo do exame, à necessidade de conhecimento especializado e equipamentos adequados, ou à condição clínica crítica de alguns pacientes (BAHR, 2019).

Nesse contexto, a radiografia torácica é mais acessível, menos dispendiosa e de rápida execução (BAHR, 2019; KEENE et al., 2019). Diferentes métodos radiográficos foram desenvolvidos para avaliar o tamanho do coração e, mais especificamente, do átrio esquerdo. Entre os métodos globais para mensuração das dimensões cardíacas, destacam-se o vertebral heart score (VHS) (BUCHANAN; BÜCHELER, 1995) e thoracic inlet heart size (TIHS) (FERNÁNDEZ et al., 2023). Já para a avaliação específica do tamanho do átrio esquerdo, os principais métodos incluem o vertebral left atrial size (VLAS) (MALCOLM et al., 2018), radiographic left atrial dimension (RLAD) (SALGUERO et al., 2018), modified-vertebral left atrial size (M-VLAS) (LAM et al., 2021) e thoracic inlet left atrial score method (TILAS) (FERNÁNDEZ et al., 2023).

Estudos recentes também investigaram a eficácia de diferentes métodos radiográficos e ecocardiográficos na detecção do aumento do átrio esquerdo, avaliando sua aplicabilidade clínica e comparando suas sensibilidades e especificidades (LAM et al., 2021; LEVICAR et al., 2022; MALCOLM et al., (2018); FERNÁNDEZ et al., 2023; MOSTAFA et al., (2020);

SALGUERO et al., 2018; VEZZOSI et al., 2021). A última diretriz do Colégio Americano de Medicina Interna (ACVIM) ainda reforça a importância da radiografia como uma ferramenta substituta em casos onde a ecocardiografia não é viável (KEENE et al., 2019).

## **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1. Animais, materiais e métodos**

Os registros hospitalares de cães diagnosticados com doença mixomatosa da valva mitral foram revisados, retrospectivamente, em dois centros de diagnóstico veterinário da cidade de Belo Horizonte - MG e no Hospital Veterinário da Universidade Federal de Lavras no período de janeiro de 2022 a maio de 2024. Sendo esse um estudo retrospectivo e observacional, nenhuma aprovação institucional para cuidados e uso de animais foi necessária.

### **4.2. Animais selecionados**

Foram selecionados 90 cães, sendo 46 machos e 44 fêmeas. As raças incluídas foram SRD (Sem Raça Definida), Yorkshire Terrier, Shih Tzu, Poodle, Maltês, Pinscher, Lhasa Apso, Dachshund, Cocker Spaniel, Spitz Alemão, Border Collie, Pastor Canadense, Pastor Alemão, Chihuahua e Schnauzer. Os animais avaliados tinham idades entre 6 e 16 anos e peso entre 1,9 kg a 24,1 kg. Dentre os 90 cães, 10 compunham o grupo controle e não apresentavam alterações cardíacas.

### **4.3. Critérios de seleção**

Foram selecionados cães com mais de 6 anos de idade e peso inferior a 25 kg, submetidos a anamnese, exame físico, radiografias torácicas (com no mínimo uma incidência lateral direita) e ecocardiograma, sendo esses exames realizados dentro de um período máximo de 5 dias entre si.

Para a avaliação do aumento cardíaco esquerdo, a ecocardiografia foi considerada o método padrão-ouro e um valor de razão átrio esquerdo/aorta (AE/Ao)  $\geq 1,5$  foi usado para definir o aumento do átrio esquerdo de acordo com o descrito por Hansson, et al. (2002). O

estadiamento da DMVM foi feito nos animais selecionados pelo veterinário clínico responsável.

O grupo controle foi composto por cães sem cardiopatias concomitantes, com faixa etária e peso similares aos dos demais participantes.

#### **4.4. Critérios de exclusão**

Cães com menos de 6 anos de idade, peso corporal superior a 25 kg, mal posicionamento do paciente em radiografias torácicas, anormalidades vertebrais torácicas, presença concomitante de outra doença cardíaca ou efusão pericárdica detectada no exame ecocardiográfico foram considerados critérios de exclusão.

#### **4.5. Avaliação ecocardiográfica**

Todos os exames ecocardiográficos foram realizados por um operador experiente utilizando uma unidade ultrassonográfica equipada com transdutores eletrônicos. Cada cão foi submetido a exame ecocardiográfico completo, que incluiu imagens transtorácicas bidimensionais, modo-M e Doppler (THOMAS et al., 1993). O mesmo operador realizou a medição da relação átrio esquerdo/aorta (AE/Ao) de acordo com o método bidimensional descrito por Hansson et al. (2002).

A gravidade do aumento do átrio esquerdo foi classificada como: normal, quando  $AE/Ao < 1,6$ ; aumento leve, quando  $AE/Ao$  entre 1,6 e 1,9; e aumento moderado a grave, quando  $AE/Ao > 1,9$ .

#### **4.6. Avaliação radiográfica**

As radiografias torácicas foram realizadas usando um sistema de radiografia digital de alta frequência. Todas as medidas radiográficas foram obtidas por dois radiologistas com título de especialista, que estavam cegos aos resultados do exame clínico e ecocardiográfico.

As medições de VHS, TIHS, VLAS, RLAD, M-VLAS e TILAS foram realizadas em uma radiografia torácica lateral direita, utilizando paquímetros digitais em um monitor de alta resolução com visualizador DICOM (Figura 1).

#### **4.6.1. Vertebral Heart Score (VHS):**

O VHS foi medido conforme descrito por Buchanan e Bücheler (1995). O eixo longo do coração foi medido da borda ventral da carina traqueal até o ponto mais distante do ápice cardíaco. O eixo curto foi medido perpendicular ao eixo longo, da borda cranial à caudal da porção mais larga do coração. As medições dos eixos longo e curto foram então posicionadas sobre as vértebras torácicas, paralelas ao canal vertebral, começando na borda cranial da quarta vértebra torácica, e o número de unidades vertebrais foi estimado. A soma das duas medidas foi usada para calcular o VHS.

#### **4.6.2. Thoracic Inlet Heart Size (TIHS):**

O TIHS foi obtido como estabelecido por Fernández et al., (2023). Foram feitos os eixos longo e curto do coração como descrito por Buchanan e Bücheler (1995), esses foram somados e divididos pelo comprimento da entrada do tórax. A entrada torácica foi medida como a distância do ponto craniodorsal do manúbrio até o ponto cranioventral da primeira vértebra torácica.

#### **4.6.3. Vertebral Left Atrial Size (VLAS):**

O VLAS foi medido conforme estabelecido por Malcolm et al., (2018). Uma linha foi medida do centro do aspecto mais ventral da carina da traqueia até o aspecto mais caudal do átrio esquerdo, ou seja, até o ponto de intersecção da silhueta cardíaca e a borda dorsal da veia cava caudal. Similarmente ao método VHS, as unidades vertebrais foram medidas da mesma forma descrita acima.

#### **4.6.4. Radiographic Left Atrial Dimension (RLAD):**

O RLAD foi obtido conforme descrito por Salguero et al., (2018). Para a medição, o eixo curto do VHS foi reposicionado no nível da borda dorsal da veia cava caudal. O RLAD foi definido como uma linha que divide ao meio o ângulo de 90° formado no ponto de cruzamento dos eixos longo e curto do VHS, começando deste ponto até a borda dorsocaudal do átrio

esquerdo. A mesma linha foi então reposicionada sobre as vértebras torácicas e expressa em unidades do corpo vertebral, assim como para o VHS.

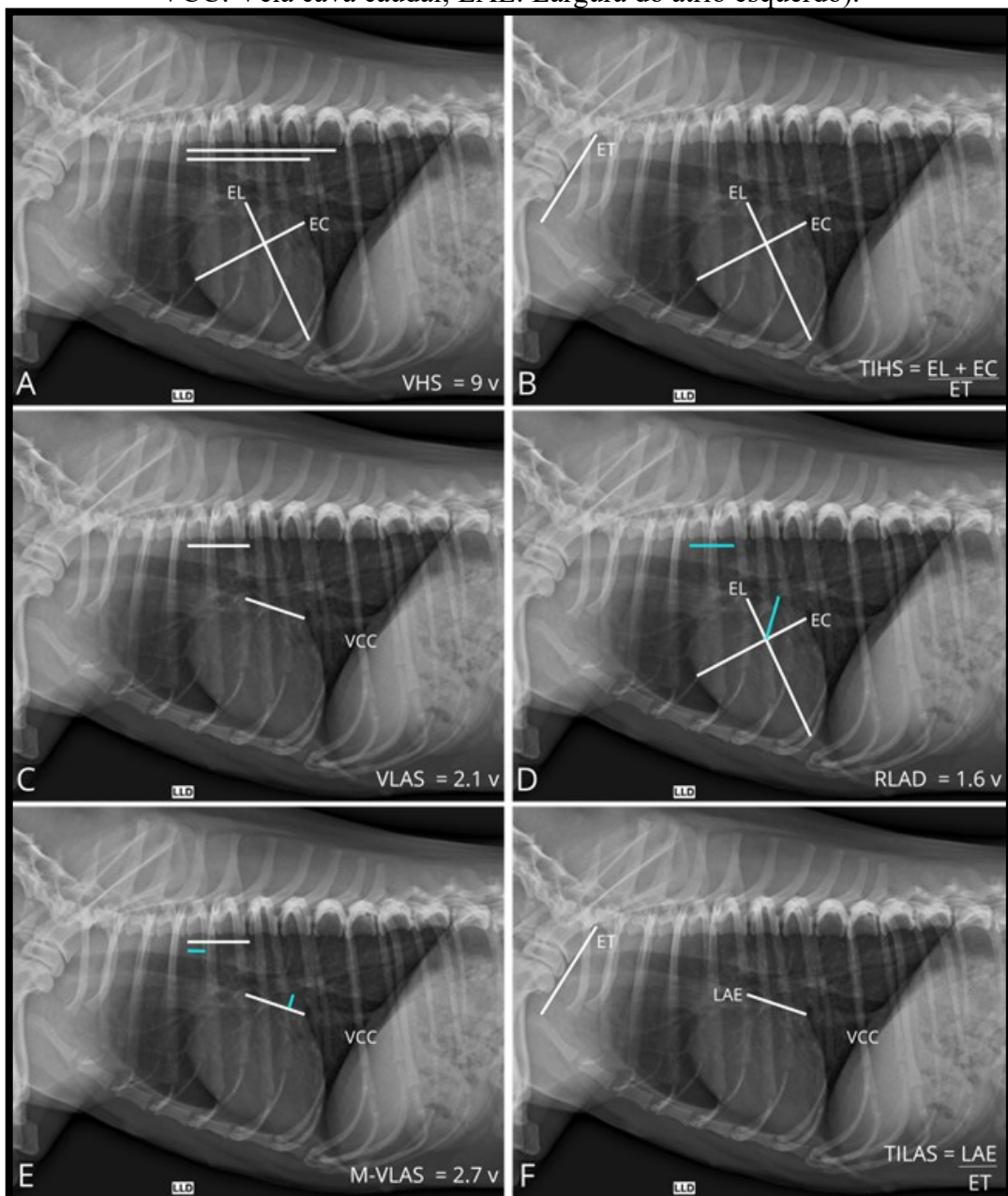
#### **4.6.5. Modified Vertebral Left Atrial Size (M-VLAS):**

O M-VLAS foi medido conforme estabelecido por Lam et al. (2021). A partir de VLAS foi desenhada uma segunda linha da borda mais dorsal do átrio esquerdo até a primeira linha e perpendicular a ela. As unidades vertebrais foram medidas começando na borda cranial da quarta vértebra torácica, somando os dois eixos descritos.

#### **4.6.6. Thoracic Inlet Left Atrial Size (TILAS):**

O TILAS foi obtido conforme descrito por Fernández et al. (2023). A largura do átrio esquerdo (LAE) foi medida como a distância do ponto médio da borda ventral da carina até o ponto onde a borda caudal da silhueta cardíaca cruza a borda dorsal da veia cava caudal. O comprimento da entrada torácica (ET) foi medido da ponta craniodorsal do manúbrio até a ponta cranioventral da primeira vértebra torácica. O TILAS foi definido como a razão entre o LAE e o ET.

**Figura 8.** Métodos quantitativos de avaliação radiográfica do tamanho cardíaco global (A e F) e do átrio esquerdo (B, C, D, E). **A.** Método VHS proposto por Buchanan e Bücheler (1995) a partir da medida do eixo longo e curto e comparação com as vértebras torácicas. **B.** Método TIHS proposto por Fernández et al. (2023) com a relação entre eixos longos e curtos com a entrada do tórax. **C.** Método VLAS proposto por Malcolm et al. (2018) para medir o átrio esquerdo em comparação com as vértebras torácicas. **D.** Método RLAD proposto por Salguero et al. (2018) para medir o átrio esquerdo a partir dos eixos longo e curto em comparação com as vértebras torácicas. **E.** Método M-VLAS proposto por Lam et al. (2021) para medir o átrio esquerdo de forma bidimensional em comparação com as vértebras torácicas. **F.** Método TILAS proposto por Fernández et al. (2023) para medir o átrio esquerdo em comparação a entrada do tórax. (EL: Eixo longo; EC: Eixo curto; ET: Entrada do tórax; VCC: Veia cava caudal; LAE: Largura do átrio esquerdo).



Fonte: do autor (2024)

#### 4.7. Análise estatística

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software GraphPad Prism versão 8.0. Inicialmente, o teste de Shapiro-Wilk foi aplicado para verificar a aderência das variáveis analisadas (VHS, RLAD, VLAS, M-VLAS, TILAS, TIHS e AE/Ao) à distribuição normal. Os resultados indicaram que todas as variáveis apresentaram valores de  $p < 0,05$ , rejeitando a hipótese de normalidade. Assim, foram utilizados métodos estatísticos não paramétricos para as análises subsequentes.

Para avaliar a correlação entre as medidas radiográficas e a razão ecocardiográfica AE/Ao, foi aplicado o coeficiente de correlação de Spearman, adequado para dados que não seguem uma distribuição normal. Essa análise permitiu identificar a força e a direção das associações entre as variáveis, fornecendo evidências da aplicabilidade clínica dos métodos radiográficos na estimativa do tamanho do átrio esquerdo.

Adicionalmente, medidas descritivas, como medianas, quartis, valores mínimos e máximos, foram calculadas para cada variável, separadamente para os dois observadores. Essa abordagem buscou resumir os dados coletados e identificar padrões gerais nas distribuições das variáveis.

Por fim, as análises foram realizadas utilizando as curvas ROC (Receiver Operating Characteristic) para avaliar a capacidade discriminativa de diferentes variáveis radiográficas no diagnóstico de alterações cardíacas em cães. Para cada variável, foi calculada a área sob a curva (AUC), permitindo mensurar a precisão diagnóstica. Os pontos de corte ideais foram determinados utilizando o índice de Youden, que maximiza a soma entre sensibilidade e especificidade. Essas métricas foram empregadas para identificar os limiares mais adequados para diferenciar cães normais de cães com doença mixomatosa da válvula mitral, aumento do átrio esquerdo e entre os estágios B1 e B2.

Para avaliar a reprodutibilidade das medições entre observadores, comparações foram realizadas utilizando o teste de Wilcoxon Pareado, permitindo verificar a consistência das medições radiográficas. Por fim, as variáveis radiográficas foram analisadas em grupos distintos, como cães saudáveis e cães com doença mixomatosa da valva mitral (DMVM), permitindo a identificação de padrões específicos associados à progressão da doença. Todas as

análises foram realizadas com rigor metodológico, considerando a ausência de distribuição normal nas variáveis.

## 5. RESULTADOS

A população final do estudo considerada para análise estatística foi composta por 80 cães com DMVM, dos quais 21 foram classificados como estágio B1, 31 como estágio B2 e 28 como estágio C. O grupo controle foi composto por 10 cães sem cardiopatias. No total, a população do estudo foi composta por 46 machos e 44 fêmeas, com idade mediana de 12 anos (variação de 6 a 16 anos) e peso corporal mediano de 6,15 kg (variação de 1,9 a 24,1 kg). Trinta e um cães pesavam < 5 kg, 51 cães pesavam de 5 a 10 kg e 13 pesavam de 10 a 25 kg. As raças representadas no estudo foram SRD (n = 19), Poodle (n = 14), Yorkshire Terrier (n = 12), Shih Tzu (n = 10), Maltês (n = 8), Pinscher (n = 6), Lhasa Apso (n = 4), Dachshund (n = 4), Cocker Spaniel (n = 3), Spitz Alemão (n = 3), Border Collie (n = 2), Pastor Canadense (n = 2), Pastor Alemão (n = 1), Chihuahua (n = 1) e Schnauzer (n = 1).

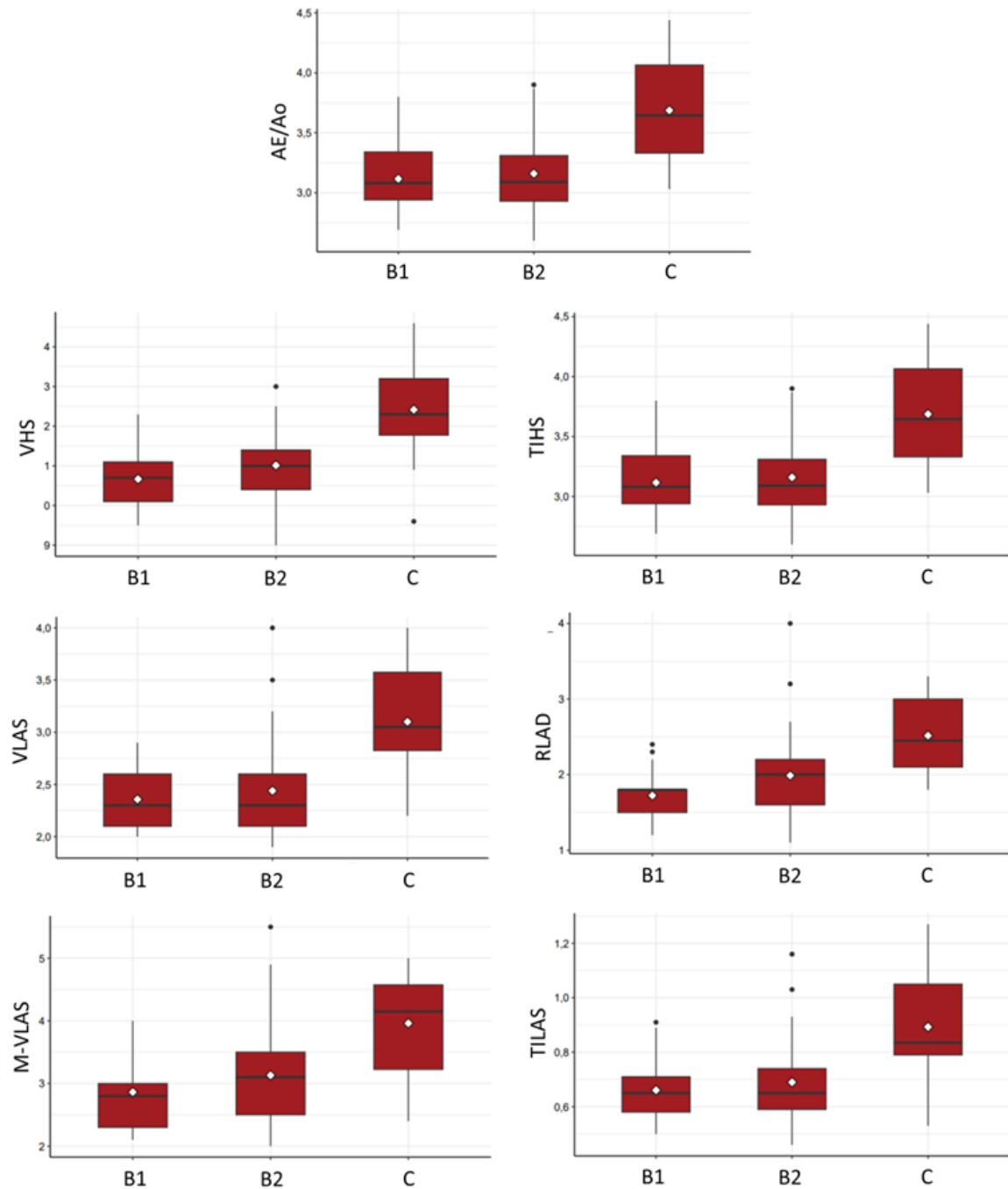
Dados radiográficos e ecocardiográficos de toda a população do estudo são apresentados na Tabela 1 e Figura 9. De acordo com a relação AE/Ao, na população de 90 cães, 21 não apresentaram aumento do átrio esquerdo ( $AE/Ao \leq 1,5$ ), 33 apresentaram aumento leve ( $AE/Ao = 1,6 - 1,9$ ) e 36 apresentaram aumento moderado a grave ( $AE/Ao > 1,9$ ). Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) no estudo indicaram uma correlação linear moderada a positiva entre todas as medidas e AE/Ao ( $p < 0,001$ , Figura 10), sendo de aproximadamente  $R^2 = 0,40$  para RLAD,  $R^2 = 0,39$  para VLAS,  $R^2 = 0,38$  para M-VLAS,  $R^2 = 0,37$  para VHS,  $R^2 = 0,35$  para TILAS e  $R^2 = 0,33$  para TIHS, sugerindo que essas medidas explicam parte relevante, mas não total, da variação na relação AE/Ao.

**Tabela 1.** Variáveis ecocardiográficas e radiográficas do tamanho cardíaco em 80 cães com DMVM e 10 cães sem cardiopatias (controle).

Variável	Controle	Estágio B1	Estágio B2	Estágio C
<b>Número de cães</b>	10	21	31	28
<b>AE/Ao</b>	1.2 (1.1—1.4)	1.6 (1.0—1.83)	1.8 (1.6—2,1)	2.3 (1.9—3.2)
<b>VHS (nº de vértebras)</b>	10.1 (9.9—11.0)	10.7 (9.5—12.3)	11.0 (9.0—13.0)	12.0 (9.6—14.6)
<b>TILAS</b>	0.55 (0.47—0.76)	0.65 (0.5—0.91)	0.64 (0.46—1.03)	0.8 (0.48—1.27)
<b>VLAS (nº de vértebras)</b>	2.1 (1.9—2.7)	2.3 (2.0—2.9)	2.3 (1.9—3.5)	2.9 (1.9—4.0)
<b>RLAD (nº de vértebras)</b>	1.3 (0.9—1.8)	1.8 (1.2—2.4)	1.9 (1.1—3.2)	2.2 (1.1—4.0)
<b>MVLAS (nº de vértebras)</b>	2.2 (1.6—3.0)	2.8 (2.1—4.0)	2.9 (2.0—4.9)	3.8 (2.0—5.5)
<b>TIHS</b>	2.76 (2.54—3.1)	3.08 (2.69—3.8)	3.02 (2.6—3.9)	3.44 (2.82—4.44)
<p>Os valores representam a mediana (intervalo).            AE/Ao: razão átrio esquerdo-aorta; VLAS: tamanho vertebral do átrio esquerdo; M-VLAS: tamanho vertebral modificado do átrio esquerdo; RLAD: dimensão radiográfica do átrio esquerdo; TILAS: tamanho atrial com a entrada torácica; VHS: tamanho cardíaco vertebral; TIHS: tamanho cardíaco com a entrada torácica.            Veja o texto para definição dos estágios B1, B2 e C.</p>				

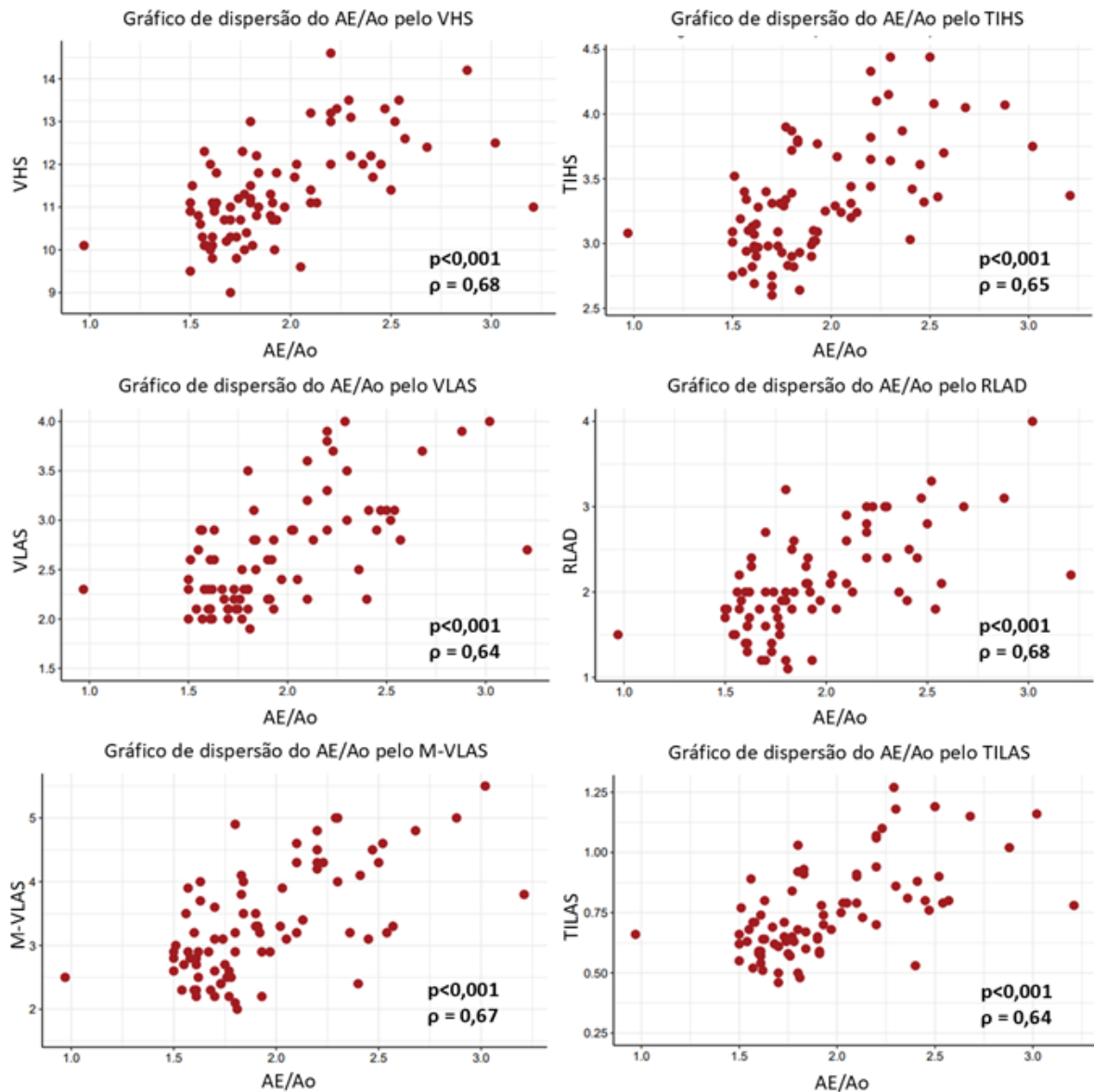
Fonte: do autor (2024)

**Figura 9.** Boxplot de AE/Ao, VHS, TIHS, VLAS, RLAD, M-VLAS e TILAS nos diferentes estágios da Diretriz do Colégio Americano de Medicina Interna (ACVIM). As barras representam a mediana e o intervalo interquartil. AE/Ao: razão átrio esquerdo-aorta; VLAS: tamanho vertebral do átrio esquerdo; M-VLAS: tamanho vertebral modificado do átrio esquerdo; RLAD: dimensão radiográfica do átrio esquerdo; TILAS: tamanho atrial com a entrada torácica; VHS: tamanho cardíaco vertebral; TIHS: tamanho cardíaco com a entrada torácica.



Fonte: do autor (2024)

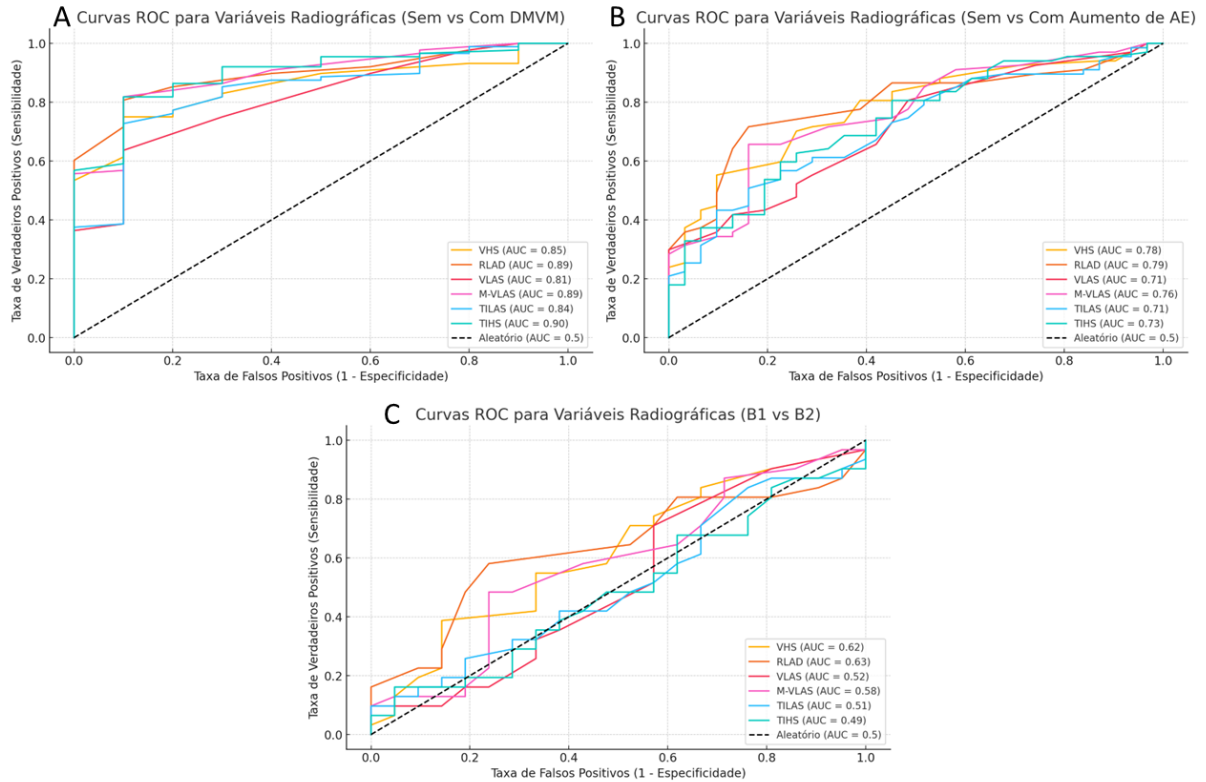
**Figura 10.** Correlações lineares positivas entre as medidas radiográficas avaliadas no presente estudo e o AE/Ao. AE/Ao: razão átrio esquerdo-aorta; VLAS: tamanho vertebral do átrio esquerdo; M-VLAS: tamanho vertebral modificado do átrio esquerdo; RLAD: dimensão radiográfica do átrio esquerdo; TILAS: tamanho atrial com a entrada torácica; VHS: tamanho cardíaco vertebral; TIHS: tamanho cardíaco com a entrada torácica.



Fonte: do autor (2024)

As variáveis radiográficas analisadas (VHS, RLAD, VLAS, M-VLAS, TILAS, TIHS) demonstraram capacidades distintas na diferenciação entre os grupos estudados. Os resultados das curvas ROC e da AUC permitiram avaliar a precisão diagnóstica de cada variável e determinar os pontos de corte ideais por meio do índice de Youden (Figura 11).

**Figura 11.** Comparação das curvas ROC das medidas VHS, RLAD, VLAS, M-VLAS, TILAS e TIHS na detecção de DMVM (A), de aumento do átrio esquerdo (B) e na distinção entre casos B1 e B2 (C).



Fonte: do autor (2024)

### 5.1. Comparação entre cães sem e com DMVM

As análises ROC indicaram que o RLAD foi a variável mais sensível e precisa para diferenciar cães sem e com DMVM. O RLAD apresentou uma AUC de 0.91 (IC 95%), destacando sua excelente capacidade de separação entre os grupos. No ponto de corte de 1.60, alcançou uma sensibilidade de 72% e especificidade de 90%, com um índice de Youden de 0.70.

O M-VLAS também teve bom desempenho, com AUC de 0.89 (IC 95%) e sensibilidade de 84% no ponto de corte de 2.50. Por serem específicas para a avaliação do átrio esquerdo, essas variáveis mostraram maior sensibilidade e precisão em comparação com medidas globais, como o VHS. Apesar disso, TIHS demonstrou boa sensibilidade (83% (AUC de 0,90), mesmo sendo uma medida global. Os resultados detalhados estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultados da análise da curva ROC e pontos de corte diagnósticos na predição de cães sem e com DMVM.

Medida radiográfica	AUC (95% IC)	Se	Sp	Coefficiente de Youden	Valor de corte
<b>VHS</b>	0.85	0.66	0.9	0.61	10.6
<b>RLAD</b>	0.91	0.72	0.9	0.70	1.6
<b>VLAS</b>	0.81	0.68	0.9	0.57	2.3
<b>M-VLAS</b>	0.89	0.84	0.9	0.74	2.5
<b>TILAS</b>	0.85	0.75	0.9	0.65	0.62
<b>TIHS</b>	0.90	0.83	0.9	0.74	2.92

AUC: área sob a curva ROC; IC: intervalo de confiança; Se: sensibilidade; Sp: especificidade. Os pontos de corte diagnósticos para cada variável foram escolhidos com base na maior das várias combinações de sensibilidade e especificidade usando o índice de Youden.

Fonte: do autor (2024)

## 5.2. Comparação entre cães sem e com aumento de átrio esquerdo

Na distinção entre cães sem e com aumento do átrio esquerdo, as variáveis específicas dessa câmara demonstraram maior eficácia. O RLAD e VLAS apresentaram o melhor desempenho geral, com uma AUC de 0.79 e 0.71 (IC 95%), sensibilidade de 72% e 81% e ponto de corte de 1.9 e 2.2 respectivamente.

Medidas globais, como o VHS e o TIHS, apresentaram sensibilidade e AUCs inferiores, refletindo uma menor capacidade de detectar alterações específicas no átrio esquerdo (Tabela 3).

**Tabela 3.** Resultados da análise da curva ROC e pontos de corte diagnósticos na predição de cães sem e com aumento de átrio esquerdo.

Medida radiográfica	AUC (95% IC)	Se	Sp	Coefficiente de Youden	Valor de corte
<b>VHS</b>	0.78	0.55	0.9	0.46	11.2
<b>RLAD</b>	0.79	0.72	0.84	0.56	1.9
<b>VLAS</b>	0.71	0.81	0.52	0.32	2.2
<b>M-VLAS</b>	0.76	0.66	0.84	0.50	2.3
<b>TILAS</b>	0.71	0.51	0.84	0.35	0.73
<b>TIHS</b>	0.73	0.60	0.77	0.37	3.2

AUC: área sob a curva ROC; IC: intervalo de confiança; Se: sensibilidade; Sp: especificidade. Os pontos de corte diagnósticos para cada variável foram escolhidos com base na maior das várias combinações de sensibilidade e especificidade usando o índice de Youden.

Fonte: do autor (2024)

### 5.3. Comparação entre estágios B1 e B2

Na distinção entre os estágios B1 e B2, O RLAD apresenta a maior AUC (0,63), indicando melhor capacidade global de distinguir entre as classes, com uma sensibilidade de 0,65 e especificidade de 0,48. Embora o coeficiente de Youden para o RLAD seja moderado (0,12), ele se destaca como a melhor opção geral para discriminação.

Se a prioridade for alta sensibilidade, o VLAS e o TILAS, ambos com sensibilidade de 71%, são mais eficazes para identificar verdadeiros positivos. No entanto, eles apresentam baixa especificidade, o que pode limitar sua utilidade dependendo do contexto (Tabela 4).

**Tabela 4.** Resultados da análise da curva ROC e pontos de corte diagnósticos na distinção de cães em estágio B1 e B2.

Medida radiográfica	AUC (95% IC)	Se	Sp	Coefficiente de Youden	Valor de corte
VHS	0.62	0.39	0.86	0.24	11.2
RLAD	0.63	0.65	0.48	0.12	1.8
VLAS	0.52	0.71	0.43	0.14	2.2
M-VLAS	0.58	0.48	0.76	0.25	3.1
TILAS	0.51	0.71	0.33	0.04	0.6
TIHS	0.49	0.16	0.95	0.11	3.72

AUC: área sob a curva ROC; IC: intervalo de confiança; Se: sensibilidade; Sp: especificidade. Os pontos de corte diagnósticos para cada variável foram escolhidos com base na maior das várias combinações de sensibilidade e especificidade usando o índice de Youden.

Fonte: do autor (2024)

Em termos de concordância de medição interobservador, os resultados mostraram que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as medições realizadas pelos dois profissionais para nenhuma das variáveis avaliadas. Os p-valores foram consistentemente superiores a 0,05, indicando alta concordância.

Especificamente, para as variáveis VHS ( $p = 0,895$ ), RLAD ( $p = 0,716$ ), VLAS ( $p = 0,569$ ), M-VLAS ( $p = 0,334$ ), TILAS ( $p = 0,306$ ) e TIHS ( $p = 0,611$ ), as análises confirmaram que as medições dos dois observadores são equivalentes. Esses achados demonstram a reprodutibilidade dos métodos avaliados e a confiabilidade dos resultados obtidos, independentemente de quem realiza as medições.

## 6. DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo foi descrever os escores radiográficos VHS, TIHS, VLAS, RLAD, MVLAS e TILAS em cães com DMVM, determinar os valores de corte para classificação dos estágios da doença e investigar sua correlação com as medições ecocardiográficas.

A DMVM é uma doença progressiva, e, portanto, já era esperado que as diferentes medidas radiográficas aumentassem de acordo com a progressão da doença. A regurgitação mitral crônica, acompanhada da sobrecarga de volume no átrio e ventrículo esquerdos, resulta em aumento progressivo do coração e, conseqüentemente, no valor do VHS como foi relatado em Lord et al. (2011). De maneira semelhante, as medidas TIHS, VLAS, RLAD, MVLAS e TILAS também apresentaram crescimento proporcional à progressão pelos estágios clínicos no presente estudo.

O presente estudo demonstrou uma correlação moderada a positiva entre as medidas radiográficas e a relação AE/Ao indicando que essas medidas podem ser utilizadas como indicativos indiretos do aumento do átrio esquerdo. No entanto, os resultados também evidenciam limitações, reforçando a utilidade dessas medidas como ferramentas diagnósticas complementares. Resultados semelhantes foram relatados por Fernández et al. (2023) e Malcolm et al. (2018).

Malcolm et al. (2018) observaram uma correlação moderada entre o VLAS e a relação AE/Ao, com coeficientes de correlação variando de  $r = 0,65$  a  $0,70$ . Levicar et al. (2022) relataram uma correlação moderada mais baixa para o VLAS e a relação AE/Ao ( $r = 0,39$ ). Por sua vez, Fernández et al. (2023) identificaram correlações moderadas para TILAS, VLAS e RLAD com a relação AE/Ao, destacando o aumento dessas medidas radiográficas com a progressão da doença, embora sem fornecer valores exatos para todas as correlações.

Já os estudos de Lam et al. (2021), Salguero et al. (2018) e Vezzosi et al. (2021) demonstraram correlações fortes entre as medidas radiográficas e a relação AE/Ao. Lam et al. (2021) observaram uma correlação de  $r = 0,77$  para o M-VLAS, indicando um desempenho superior ao de métodos tradicionais como VLAS e RLAD. Salguero et al. (2018) relataram uma correlação de  $r = 0,82$  entre RLAD e AE/Ao, destacando RLAD como uma ferramenta confiável e precisa. Vezzosi et al. (2021) identificaram as correlações mais altas, com  $r = 0,855$  para RLAD e  $r = 0,816$  para VLAS, concluindo que o RLAD foi o método mais robusto e confiável

para detectar o aumento do átrio esquerdo e realizar o estadiamento clínico. Os diferentes níveis de correlação relatados entre os estudos possivelmente estão relacionados às abordagens metodológicas empregadas. Estudos que analisam múltiplas medidas radiográficas, tendem a envolver populações mais heterogêneas, o que pode introduzir maior variabilidade e diluir as correlações individuais. Por outro lado, estudos que avaliam apenas uma medida, geralmente apresentam maior precisão e consistência, resultando em correlações mais fortes e específicas para o método avaliado. Além disso, a comparação entre múltiplas medidas em um mesmo estudo pode destacar diferenças de precisão e desempenho entre os métodos, o que também pode impactar as correlações observadas. Assim, as diferenças metodológicas influenciam diretamente os valores de correlação e sua interpretação clínica.

A classificação precisa é particularmente importante para diferenciar entre os estágios B1 e B2 da DMVM (KEENE et al., 2019). No presente estudo, dos 21 cães classificados como estágio B1, 9 apresentaram ao menos uma medida radiográfica acima dos valores de corte estabelecidos. Além disso, 30 cães no estágio B2 apresentaram pelo menos uma medida radiográfica abaixo desses valores. Por fim, entre os 21 cães alocados no estágio C, também houve registros de pelo menos uma medida radiográfica inferior aos valores de corte. Esses achados evidenciam que, embora as medidas radiográficas sejam úteis para diferenciar entre os estágios da DMVM, elas apresentam limitações significativas em termos de precisão diagnóstica. A presença de valores acima dos cortes em cães B1 e abaixo dos cortes em cães B2 e C indica que fatores adicionais, como variabilidade individual, sobreposição entre os estágios da doença e características específicas de cada caso, podem influenciar os resultados.

A diretriz mais recente do Colégio Americano de Medicina Interna Veterinária (ACVIM) considera o VLAS como uma medida radiográfica promissora para identificar aumento do átrio esquerdo, destacando que um  $VLAS \geq 3v$  provavelmente indica pacientes no estágio B2 da DMVM, especialmente na ausência de ecocardiografia (KEENE et al., 2019). No entanto, dos 31 cães no estágio B2 incluídos neste estudo, apenas três apresentaram  $VLAS \geq 3v$ . Isso significa que, ao utilizar exclusivamente o VLAS, 28 cães seriam erroneamente classificados como estágio B1, embora, com base em dados clínicos e ecocardiográficos, tenham sido corretamente identificados como estágio B2.

Esses aspectos sugerem a necessidade de considerar um  $VLAS < 3v$  na diferenciação entre pacientes nos estágios B1 e B2 da DMVM, corroborando os achados do presente estudo ( $VLAS > 2.2v$ ), assim como de Poad et al., (2019) e de Levicar et al. (2022) ( $VLAS > 2.3v$ ).

Outros autores propuseram um  $VLAS \geq 2.5v$  na diferenciação de B1 e B2 (DULER et al., 2020; STEPIEN et al., 2020 e VEZZOSI et al., 2021). Apesar das sutis diferenças nos valores de corte, todos concordam em um valor inferior a três corpos vertebrais na distinção de B1 e B2. Além disso, reforçam a importância da ecocardiografia, aliada a outros dados clínicos, para o estadiamento preciso de cães com DMVM. A partir do estágio B2, os cães se beneficiam significativamente de um tratamento adequado, tornando essencial uma classificação precisa (BOSWOOD et al., 2016; KEENE et al., 2019).

As populações avaliadas nos diferentes estudos sobre medidas radiográficas na DMVM apresentam variações que influenciam diretamente os resultados e o desempenho das variáveis analisadas. No presente estudo, foi incluída uma população heterogênea, composta por cães de diferentes pesos, raças e estágios clínicos da DMVM (B1, B2 e C). Essa diversidade permitiu uma análise abrangente das medidas radiográficas, mas também introduziu maior variabilidade nos valores observados. Como resultado, observamos correlações e AUCs moderadas para as variáveis analisadas.

A sensibilidade é uma característica fundamental para a diferenciação entre os estágios da DMVM. No presente estudo, a medida com maior sensibilidade e AUC foi o RLAD, que apresentou 65% de sensibilidade com um valor de corte de 1,8v, similar ao relatado por Levicar et al. (2022), que encontrou uma sensibilidade de 60%, embora com um valor de corte ligeiramente superior (2,0v). Outros estudos, como o de Salguero et al. (2018), reportaram uma sensibilidade ainda maior (>90%) para o RLAD com valores de corte semelhantes aos observados neste estudo. Essa diferença provavelmente está relacionada à proporção dos estágios clínicos na população avaliada. Salguero et al. (2018) analisaram uma população predominantemente em estágio mais avançado (C, 60%), o que favorece uma maior sensibilidade. No presente estudo, a distribuição foi mais equilibrada, com 26% dos cães em estágio B1, 39% em B2 e 35% em C, o que pode explicar a sensibilidade relativamente inferior do RLAD. Um padrão semelhante foi observado no estudo de Levicar et al. (2022), cuja população apresentava uma distribuição mais proporcional entre os estágios (50% em B1, B2 e C).

Em 2023, duas novas medidas radiográficas foram propostas, o TIHS e o TILAS (FERNÁNDEZ et al., 2023). No presente estudo, o TILAS demonstrou boa sensibilidade (71%) na diferenciação entre os estágios B1 e B2, com um valor de corte de 0,6. Por ser uma medida recente, ainda não há outros estudos disponíveis para comparação direta. No entanto, com base

nos resultados deste estudo, o TILAS mostrou-se promissor na avaliação de pacientes com DMVM, especialmente em casos com anormalidades vertebrais, que podem interferir nos resultados de outras medidas, como o VLAS e o RLAD.

Em relação à medida TIHS, sendo esta uma forma de mensurar o tamanho cardíaco global, os resultados indicaram uma baixa sensibilidade para diferenciar entre os estágios B1 e B2 e uma sensibilidade mediana (60%) na detecção de aumento do átrio esquerdo. Dessa forma, sua aplicação parece ser mais adequada para a avaliação do tamanho cardíaco total, em vez de ser utilizada especificamente para identificar aumento do átrio esquerdo.

Nossos resultados devem ser analisados considerando as limitações do estudo. Primeiramente, o método AE/Ao foi utilizado como padrão-ouro para definir o aumento do átrio esquerdo. Embora o AE/Ao seja amplamente aceito e utilizado (BORGARELLI et al., 2020; BOSWOOD et al., 2016; KEENE et al., 2019), ele é considerado menos sensível do que outras medidas ecocardiográficas, como as lineares ou volumétricas, para avaliação do tamanho do átrio esquerdo (MARCHESSOTTI et al., 2019). Em segundo lugar, no que diz respeito à variabilidade interobservador, todas as medições radiográficas foram realizadas por operadores que atuam em radiologia. Dessa forma, a variabilidade observada neste estudo pode não refletir a encontrada em contextos clínicos com profissionais não radiologistas, como clínicos gerais. Por fim, para os objetivos do estudo, foram consideradas apenas radiografias de alta qualidade, que permitissem medições precisas de todos os parâmetros radiográficos. Assim, resultados diferentes podem ser obtidos em situações onde radiografias de menor qualidade estejam disponíveis, como em casos de cães com edema pulmonar ou outras alterações que comprometam a qualidade da imagem.

## 7. CONCLUSÕES

Este estudo avaliou diferentes métodos radiográficos para mensuração do átrio esquerdo em cães sem e com DMVM, destacando sua importância tanto no diagnóstico de aumento atrial quanto no estadiamento da doença. Os resultados demonstraram que RLAD, M-VLAS e VLAS foram métodos eficazes na detecção de aumento atrial esquerdo, com boa sensibilidade, especificidade e correlação com o padrão-ouro ecocardiográfico AE/Ao. Essas variáveis mostraram-se úteis como ferramentas práticas e acessíveis para identificar alterações cardíacas relacionadas à progressão da DMVM.

Na distinção entre os estágios B1 e B2, RLAD e VLAS se destacaram, oferecendo boa sensibilidade com valores de corte 1.8v e 2.2v respectivamente que auxiliam na identificação de pacientes no estágio B2, momento crucial para a introdução de terapias que retardam a progressão da doença. Além disso, o TILAS demonstrou potencial promissor na avaliação de cães com DMVM. No entanto, estudos adicionais, especialmente com populações de cães que apresentam anormalidades vertebrais, são necessários para validar melhor seu desempenho e aplicabilidade clínica.

A confiabilidade e reprodutibilidade das medidas radiográficas reforçam sua aplicabilidade na rotina clínica, especialmente em situações onde a ecocardiografia não está disponível. No entanto, é necessário estudos futuros envolvendo observadores de diferentes especialidades, como clínicos gerais, intensivistas e cardiologistas, para avaliar melhor a variabilidade interobservador e ampliar a aplicabilidade prática dessas ferramentas.

Esses métodos radiográficos representam um suporte valioso para o diagnóstico, a estratificação clínica e o manejo da DMVM. No entanto, a integração com a ecocardiografia e a inclusão de dados clínicos permanecem indispensáveis para um diagnóstico mais preciso e um acompanhamento eficaz da progressão da doença.

## REFERÊNCIAS

- BAGARDI, M.; ZAMBONI, V.; LOCATELLI, C.; GALIZZI, A.; GHILARDI, S.; BRAMBILLA, P. G. Management of Chronic Congestive Heart Failure Caused by Myxomatous Mitral Valve Disease in Dogs: a narrative review from 1970 to 2020. *Animals*, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 209, 16 jan. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani12020209>.
- BAHR, Robert. Sistema cardiovascular canino e felino. In: THRALL, Donald E. *Diagnóstico de Radiologia Veterinária*. 7. ed. S.L.: Elsevier, 2019. Cap. 35. p. 684-710.
- BORGARELLI, M.; FERASIN, L.; LAMB, K.; BUSSADORI, C.; CHIAVEGATO, D.; D'AGNOLO, G.; MIGLIORINI, F.; POGGI, M.; SANTILLI, R.A.; GUILLOT, E.. DELAY of Appearance of Symptoms of Canine Degenerative Mitral Valve Disease Treated with Spironolactone and Benazepril: the delay study. *Journal Of Veterinary Cardiology*, [S.L.], v. 27, p. 34-53, fev. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvc.2019.12.002>.
- BOSWOOD, A.; HÄGGSTRÖM, J.; GORDON, S.G.; WESS, G.; STEPIEN, R.L.; OYAMA, M.A.; KEENE, B.W.; BONAGURA, J.; MACDONALD, K.A.; PATTESON, M.. Effect of Pimobendan in Dogs with Preclinical Myxomatous Mitral Valve Disease and Cardiomegaly: the epic study: a randomized clinical trial. *Journal Of Veterinary Internal Medicine*, [S.L.], v. 30, n. 6, p. 1765-1779, 28 set. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jvim.14586>.
- BROWN, M. et al. *Radiography for veterinary technicians*. 7. ed. S.L: Elsevier, 2022. 701 p.
- BUCHANAN, J. W.; BÜCHELER, Jörg. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. *Journal Of The American Veterinary Medical Association*, [S.L.], v. 206, n. 2, p. 194-199, 15 jan. 1995. American Veterinary Medical Association (AVMA). <http://dx.doi.org/10.2460/javma.1995.206.02.194>.
- CHETBOUL, V.e; TISSIER, R.. Echocardiographic assessment of canine degenerative mitral valve disease. *Journal Of Veterinary Cardiology*, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 127-148, mar. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvc.2011.11.005>.
- CORNELL, C. C.; KITTLESON, Mark D.; DELLA TORRE, P.; HÄGGSTRÖM, Jens; LOMBARD, Christophe W.; PEDERSEN, Henrik D.; VOLLMAR, Andrea; WEY, A. Allometric Scaling of M-Mode Cardiac Measurements in Normal Adult Dogs. *Journal Of Veterinary Internal Medicine*, [S.L.], v. 18, n. 3, p. 311, 2004. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1892/0891-6640\(2004\)182.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1892/0891-6640(2004)182.0.co;2).
- DULER, L.; VISSER, L.C.; JACKSON, K.N.; PHILLIPS, K.L.; POLLARD, R.E.; WANAMAKER, M.W. Evaluation of radiographic predictors of left heart enlargement in dogs with known or suspected cardiovascular disease. *Vet. Radiol. Ultrasound*. 2021, 62, 271–281.
- ESTRADA, A. H. *Echocardiography in General Practice: 4 Views to Master*. 2017. Disponível em: <https://www.cliniciansbrief.com/article/echocardiography-general-practice-4-views-master>. Acesso em: 30 nov. 2024.

FERNÁNDEZ, D. M.; MONTOYA-ALONSO, J. A.. Radiographic Left Atrial Size Measurement of Dogs in Different Mitral Valve Disease Stages with Four Different Methods. *Animals*, [S.L.], v. 13, n. 24, p. 3835, 13 dez. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani13243835>.

FERNÁNDEZ, David Marbella; GARCÍA, Verónica; SANTANA, Alexis J.; MONTOYA-ALONSO, José Alberto. The Thoracic Inlet Heart Size, a New Approach to Radiographic Cardiac Measurement. *Animals*, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 389, 24 jan. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ani13030389>.

FLETCHER, Daniel J.; BOLLER, Manuel; BRAINARD, Benjamin M.; HASKINS, Steven C.; HOPPER, Kate; MCMICHAEL, Maureen A.; ROZANSKI, Elizabeth A.; RUSH, John E.; SMARICK, S. D. RECOVER evidence and knowledge gap analysis on veterinary CPR. Part 7: clinical guidelines. *Journal Of Veterinary Emergency And Critical Care*, [S.L.], v. 22, n. 1, p. 102-131, jun. 2012. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1476-4431.2012.00757.x>.

FOX, P. R. Pathology of myxomatous mitral valve disease in the dog. *Journal Of Veterinary Cardiology*, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 103-126, mar. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvc.2012.02.001>.

HANSSON, Kerstin; HÄGGSTRÖM, Jens; KVART, Clarence; LORD, P.. Left atrial to aortic root indices using two-dimensional and M-mode echocardiography in Cavalier King Charles Spaniels with and without left atrial enlargement. *Veterinary Radiology & Ultrasound*, [S.L.], v. 43, n. 6, p. 568-575, nov. 2002. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1740-8261.2002.tb01051.x>.

KEENE, Bruce W.; ATKINS, Clarke E.; BONAGURA, John D.; FOX, Philip R.; HÄGGSTRÖM, Jens; FUENTES, Virginia Luis; OYAMA, Mark A.; RUSH, John E.; STEPIEN, Rebecca; UECHI, M.. ACVIM consensus guidelines for the diagnosis and treatment of myxomatous mitral valve disease in dogs. *Journal Of Veterinary Internal Medicine*, [S.L.], v. 33, n. 3, p. 1127-1140, 11 abr. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jvim.15488>.

LAM, Christopher; GAVAGHAN, Brad J.; MEYERS, F. E. Radiographic quantification of left atrial size in dogs with myxomatous mitral valve disease. *Journal Of Veterinary Internal Medicine*, [S.L.], v. 35, n. 2, p. 747-754, 26 fev. 2021. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jvim.16073>.

LEVICAR, C.; GRANADOS-SOLER, J.L.; FREISE, F.; RAUE, J.F.; NOLTE, I.; BACH, J.-P. Comparison of different radiographic scores with associated echocardiographic measurements and prediction of heart enlargement in dogs with and without myxomatous mitral valve disease. *Journal Of Veterinary Cardiology*, [S.L.], v. 44, p. 1-12, dez. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvc.2022.08.004>.

LORD, P.F.; HANSSON, K.; CARNABUCI, C.; KVART, C.; HÄGGSTRÖM, J. Radiographic Heart Size and Its Rate of Increase as Tests for Onset of Congestive Heart Failure in Cavalier King Charles Spaniels with Mitral Valve Regurgitation. *Journal Of Veterinary Internal Medicine*, [S.L.], v. 25, n. 6, p. 1312-1319, 13 set. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1939-1676.2011.00792.x>.

MALCOLM, Elizabeth L.; VISSER, Lance C.; PHILLIPS, Kathryn 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*, [S.L.], v. 253, n. 8, p. 1038-1045, 15 out. 2018. <http://dx.doi.org/10.2460/javma.253.8.1038>.

MARCHESOTTI, Federica; VEZZOSI, Tommaso; TOGNETTI, Rosalba; MARCHETTI, Francesca; PATATA, Valentina; CONTIERO, Barbara; ZINI, E.; DOMENECH, O. Left atrial anteroposterior diameter in dogs: reference interval, allometric scaling, and agreement with the left atrial-to-aortic root ratio. *Journal Of Veterinary Medical Science*, [S.L.], v. 81, n. 11, p. 1655-1662, 2019. Japanese Society of Veterinary Science. <http://dx.doi.org/10.1292/jvms.19-0240>.

MUHLBAUER, M.C. et al. *Radiography of the Dog and Cat*. 2. ed. S.L: Wiley Blackwell, 2024. 579 p.

POAD, M.H.; MANZI, T.J.; OYAMA, M.A.; GELZER, A.R. Utility of radiographic measurements to predict echocardiographic left heart enlargement in dogs with preclinical myxomatous mitral valve disease. *J. Vet. Intern. Med.* 2020, 34, 1728–1733.

SALGUERO, X. Sánchez; PRANDI, D.; LLABRÉS-DÍAZ, Francisco; MANZANILLA, E. Garcia; BUSSADORI, C.. A radiographic measurement of left atrial size in dogs. *Irish Veterinary Journal*, [S.L.], v. 71, n. 1, p. 1-7, dez. 2018. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/s13620-018-0137-x>.

SCHWARZ, T. (ed.). *BSAVA Manual of Canine and Feline Thoracic Imaging*. 2. ed. S.L: British Small Animal Veterinary Association, 2024. 474 p.

SEILER, G. S.; THRALL, D. E.. *Thrall's Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology*. 8. ed. S.L: Elsevier, 2024. 4483 p.

STEPIEN, R.L.; RAK, M.B.; BLUME, L.M. Use of radiographic measurements to diagnose stage B2 preclinical myxomatous mitral valve disease in dogs. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 2020, 256, 1129–1136.

STERN, J. A.; HSUE, W.; SONG, K.; ONTIVEROS, E. S.; FUENTES, Virginia Luis; STEPIEN, Rebecca L. Severity of Mitral Valve Degeneration Is Associated with Chromosome 15 Loci in Whippet Dogs. *Plos One*, [S.L.], v. 10, n. 10, p. 1-11, 28 out. 2015. Public Library of Science (PLoS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0141234>.

THOMAS, William P.; GABER, Cathy E.; JACOBS, Gilbert J.; KAPLAN, Paul M.; LOMBARD, Christophe W.; VET, M.; MOISE, N. S.; MOSES, B. L. Recommendations for Standards in Transthoracic Two-Dimensional Echocardiography in the Dog and Cat. *Journal Of Veterinary Internal Medicine*, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 247-252, jul. 1993. Wiley.

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*, [S.L.], v. 34, p. 55-63, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvc.2021.01.002>.