

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**VALIDAÇÃO DAS FERRAMENTAS
ECOCARDIOGRÁFICAS DE TEICHOLZ E
SOMATÓRIA DOS DISCOS (SIMPSON MODIFICADO)
PARA O CÁLCULO DO DÉBITO CARDÍACO EM
JUMENTOS NORDESTINOS (*Equus asinus*)**

Pedro Henrique Dias Nunes

Médico Veterinário

2021

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CAMPUS DE JABOTICABAL

**VALIDAÇÃO DAS FERRAMENTAS
ECOCARDIOGRÁFICAS DE TEICHOLZ E
SOMATÓRIA DOS DISCOS (SIMPSON MODIFICADO)
PARA O CÁLCULO DO DÉBITO CARDÍACO EM
JUMENTOS NORDESTINOS (*Equus asinus*)**

Discente: Pedro Henrique Dias Nunes

Orientador: Prof. Dr. Paulo Aléscio Canola

Dissertação apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias – Unesp, Campus de
Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do
título de Mestre em Cirurgia
Veterinária

2021

N972v Nunes, Pedro
Validação das ferramentas ecocardiográficas de Teicholz e Somatória dos Discos (Simpson Modificado) para o cálculo do débito cardíaco em Jumentos Nordestinos (*Equus asinus*) / Pedro Nunes. -- Jaboticabal, 2021
33 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Paulo Canola

1. Cardiologia veterinária. 2. Ecocardiografia veterinária. 3. Asinino. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

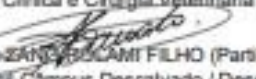
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: VALIDAÇÃO DAS FERRAMENTAS ECOCARDIOGRÁFICOS DE TEICHOLZ E SOMATÓRIA DOS DISCOS (SIMPSON MODIFICADO) PARA O CÁLCULO DO DÉBITO CARDÍACO EM JUMENTOS NORDESTINOS (*Equus asinus*)


AUTOR: PEDRO HENRIQUE DIAS NUNES

ORIENTADOR: PAULO ALÉSCIO CANOLA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIRURGIA VETERINÁRIA, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. PAULO ALÉSCIO CANOLA (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. DARCIO ZANETTI FILHO (Participação Virtual)
Universidade-Brasil-Câmpus Descalvado / Descalvado/SP


Pós-doutorando EVANDRO ZANETTI PEREIRA (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 24 de agosto de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

PEDRO HENRIQUE DIAS NUNES – nascido na cidade de Cambuí, Minas Gerais, no dia 24 de maio de 1993. Médico Veterinário graduado pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais, com início em agosto de 2011 e término em setembro de 2016. Realizou estágio curricular no ano de 2016 na área de Clínica Cirúrgica de Grandes Animais no Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel” da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/Unesp), câmpus de Jaboticabal, São Paulo, sob orientação do Professor Doutor Paulo Aléscio Canola. Realizou aprimoramento pelo Programa de Aprimoramento Profissional em Medicina Veterinária, na subárea de Clínica Cirúrgica e Anestesiologia de Grandes Animais no Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel” da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/Unesp), câmpus de Jaboticabal, com início em março de 2017 e término em fevereiro de 2019, sob orientação do Professor Doutor Carlos Augusto Araújo Valadão. Atualmente é mestrando pelo programa de pós-graduação em Cirurgia Veterinária, com início em março de 2019, sob orientação do Professor Doutor Paulo Aléscio Canola.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelas oportunidades que surgiram ao longo desta caminhada e pela força concedida em momentos difíceis.

Agradeço aos meus pais, Luiz Carlos Nunes e Tânia Mara Dias Nunes, e ao meu irmão Lennon F. Dias Nunes, por todo o amor, apoio e confiança.

Agradeço a minha fiel companheira Arizona, por me acompanhar em todos os momentos e fazer dos meus dias mais felizes.

Agradeço aos amigos feitos em Jaboticabal, pelo apoio e companheirismo nesses anos de residência e mestrado.

Agradeço aos amigos e colegas de residência e mestrado, que foram fundamentais na execução desse projeto.

Agradeço ao Prof. Dr. Carlos A. A. Valadão, pelas dicas, conselhos, ensinamentos, companheirismo e por me orientar durante o aprimoramento.

Agradeço ao Prof. Dr. Paulo A. Canola, por todos os ensinamentos e amizade e por aceitar me orientar e aconselhar nesta etapa acadêmica.

Agradeço aos profissionais do Hospital Veterinário da Unesp, câmpus de Jaboticabal, pela parceria, mesmo que indireta, neste experimento.

Agradeço aos animais, não só os que participaram do projeto, mas todos com que tive contato nesta caminhada, pelos conhecimentos adquiridos por meio do atendimento clínico, cirurgias e manejo.

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

Sumário

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS GERAIS	4
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	5
CAPÍTULO 2 – Validação das ferramentas ecocardiográficas de Teicholz e Somatória dos Discos (Simpson Modificada) para o cálculo do débito cardíaco em Jumentos Nordestinos (<i>Equus asinus</i>)	7
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA	8
2. MATERIAL E MÉTODOS	11
2.1. Comissão de ética no uso de animais	11
2.2. Animais.....	11
2.3. Procedimento Experimental	12
2.3.1. Termodiluição.....	13
2.3.2. Método da Somatória dos Discos (Simpson Modificado)	14
2.3.3. Theicholz.....	15
2.4. Análise Estatística	16
3. RESULTADOS	17
4. DISCUSSÃO.....	20
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
CAPÍTULO 3 – Ecocardiografia por Doppler Tecidual em Jumentos Nordestinos (<i>Equus asinus</i>): Valores e Limitações	27
1. INTRODUÇÃO.....	27
2. MATERIAIS E MÉTODOS	29
3. RESULTADOS	30
4. DISCUSSÃO.....	31
5. CONCLUSÃO	32
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



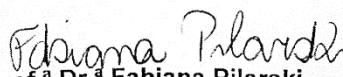
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado “**Eficácia comparada entre o método da somatória dos discos (Simpson Modificado) e a termodiluição para o cálculo do débito cardíaco em jumentos nordestinos (*Equus asinus*)**”, protocolo nº 004830/19, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Paulo Aléscio Canola, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado “*Ad referendum*” pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP.

Vigência do Projeto	01/07/2019 a 28/02/2021
Espécie / Linhagem	<i>Equus asinus</i> (Jumento Nordestino)
Nº de animais	10 a 15
Peso / Idade	100 – 150 kg / 5 – 10 anos
Sexo	Machos e Fêmeas
Origem	Laboratório de Anestesiologia Experimental de Grandes Animais (LAEGA) – FCAV/ UNESP – Jaboticabal; Propriedades Rurais localizadas na circunvizinhança do município de Jaboticabal - SP

Jaboticabal, 24 de junho de 2019.


Prof.^a Dr.^a Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

VALIDAÇÃO DAS FERRAMENTAS ECOCARDIOGRÁFICOS DE TEICHOLZ E SOMATÓRIA DOS DISCOS (SIMPSON MODIFICADO) PARA O CÁLCULO DO DÉBITO CARDÍACO EM JUMENTOS NORDESTINOS (*Equus asinus*)

RESUMO – Pelo presente avaliou-se a eficácia dos métodos ecocardiográficos da somatória dos discos (Simpson modificado) e de Theicholz, não invasivos, em estimar o débito cardíaco (DC) de jumentos nordestinos (*Equus asinus*) frente ao método da Termodiluição. Além disso, foram apresentados valores basais da funcionalidade do ventrículo esquerdo determinados por meio do doppler tecidual. Para a obtenção do DC foram realizados os métodos direto (termodiluição) e indiretos (somatória dos discos de Simpson e Theicholz), pela ecocardiografia. As análises foram conduzidas em cinco animais distintos e os valores registrados em quadruplicata, com intervalo mínimo de sete dias entre as avaliações. Observou-se correlação (Spearman) moderada entre os métodos de Simpson e Theicholz ($r_s = 0,452$, $p = 0,045$) e tendência entre os métodos de Termodiluição e Simpson ($r_s = 0,423$, $p = 0,062$) a se correlacionarem, e ausência de correlação entre os métodos de Termodiluição e Theicholz ($r_s = 0,283$, $p = 0,223$). A análise de concordância entre métodos distintos por Bland-Altman demonstrou haver melhor relação entre a Termodiluição e Simpson (viés = - 1,70 e DP = 3,24), em relação à Termodiluição e Theicholz (viés = - 6,09 e DP = 3,04) e Simpson e Theicholz (viés = - 4,38 e DP = 2,32). Do mesmo modo, pelo método de regressão linear observou-se não haver propensão dos métodos de Simpson ($p = 0,217$) e Theicholz ($p = 0,954$) em superestimar ou subestimar os valores do DC, obtidos pela Termodiluição. Por outro lado, há tendência do método de Theicholz ($p = 0,061$) em superestimar ou subestimar os valores do DC obtidos pelo método de Simpson. A análise de regressão ordinária dos produtos mínimos (ROPM) revelou ausência de viés fixo e presença de viés proporcional entre os métodos de Simpson e Theicholz e Termodiluição e Theicholz e ausência de viés fixo e viés proporcional entre a Termodiluição e Simpson. A funcionalidade do ventrículo esquerdo foi avaliada pelo doppler tecidual e seus valores basais foram apresentados, como se segue: velocidade de contração isovolumétrica (MS'I) = $0,097 \text{ m/s} \pm 0,011$; velocidade de relaxamento inicial (ME'I) = $-0,135 \text{ m/s} \pm 0,007$; velocidade de relaxamento final (MA'I) = $-0,093 \text{ m/s} \pm 0,019$; tempo de relaxamento (E'/A'I) = $1,52 \pm 0,32$; tempo de duração do relaxamento isovolumétrico (IVRT) = $108,85 \text{ m/s} \pm 9,85$;

tempo de duração da contração isovolumétrico (IVCT) = $181,13 \text{ m/s} \pm 36,56$, tempo de contração (CT) = $267,6 \text{ m/s} \pm 22,5$ e índice de desempenho do miocárdio (IPM) = $1,08 \pm 0,15$.

Palavras-chave: asininos, cardiologia, débito cardíaco, doppler tecidual, ecocardiografia.

VALIDATION OF TEICHOZ AND MODIFIED SIMPSON ECHOCARDIOGRAPHIC TOOLS IN ESTIMATING CARDIAC OUTPUT IN NORTHEASTERN DONKEYS (*Equus asinus*)

ABSTRACT – The present study evaluated the effectiveness of the echocardiographic method of the sum of the discs (modified Simpson) and Teicholz, non-invasive, in estimating the cardiac output of northeastern donkeys (*Equus asinus*) compared to the Thermodilution method. In addition, baseline values of left ventricular functionality were determined using tissue doppler. To obtain cardiac output, direct (thermodilution) and indirect (sum of Simpson and Teicholz) methods were performed using echocardiography. The analyzes were conducted on five different animals and the values were recorded in quadruplicate, with a minimum interval of seven days between evaluations. A moderate Spearman correlation was observed between the Simpson and Teicholz methods ($r_s = 0.452$, $p = 0.045$), Thermodilution and Simpson methods ($r_s = 0.423$, $p = 0.062$), and no correlation between the methods of Thermodilution and Teicholz ($r_s = 0.283$, $p = 0.223$). The analysis of agreement between different methods by Bland-Altman showed a better relationship between Thermodilution and Simpson (bias = - 1.70 and SD = 3.24), compared to Thermodilution and Teicholz (bias = - 6.09 and SD = 3.04) and Simpson and Teicholz (bias = - 4.38 and SD = 2.32). Likewise, by the linear regression method, it was observed that the Simpson ($p = 0.217$) and Teicholz ($p = 0.954$) methods did not tend to overestimate or underestimate the CO values obtained by Thermodilution. On the other hand, there is a tendency for the Teicholz method ($p = 0.061$) to overestimate or underestimate the CO values obtained by the Simpson method. Ordinary regression analysis of the minimum products revealed absence of fixed bias and presence of proportional bias between the methods of Simpson and Teicholz and Thermodilution and Teicholz and absence of fixed and proportional bias between Thermodilution and Simpson. Left ventricular functionality was assessed by tissue doppler and its baseline values were presented, isovolumetric contraction speed (MS'I) = $0.097 \text{ m/s} \pm 0.011$; initial relaxation speed (ME'I) = $-0.135 \text{ m/s} \pm 0.007$; final relaxation speed (MA'I) = $-0.093 \text{ m/s} \pm 0.019$; relaxation time (E ' / A'I) = 1.52 ± 0.32 ; duration of isovolumetric relaxation (IVRT) = $108.85 \text{ m/s} \pm 9.85$; duration of isovolumetric contraction (IVCT) = $181.13 \text{ m/s} \pm 36.56$,

contraction time (CT) = $267.6 \text{ m/s} \pm 22.5$ and myocardial performance index (IPM) = 1.08 ± 0.15 .

Key-words: cardiac output, cardiology, doppler, donkeys, echocardiography.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Página

Tabela 1. Débito cardíaco (L/min) obtido a partir de 20 coletas (realizadas em quadruplicata em cinco animais) pelos métodos de Termodiluição (com a utilização do cateter de Swan-Ganz posicionado no interior da artéria pulmonar), Simpson Modificado e Theicholz (utilizando a ecocardiografia)..... 17

Tabela 2. Análise pela Correlação de Spearman para os valores de débito cardíaco (L/min) obtido a partir de 20 coletas (realizadas em quadruplicata em cinco animais) pelos métodos de Termodiluição (com a utilização do cateter de Swan-Ganz posicionado no interior da artéria pulmonar), Simpson Modificado e Theicholz (utilizando a ecocardiografia)..... 18

Tabela 3. Análise de regressão ordinária dos produtos mínimos (ROPM) entre os métodos de obtenção do débito cardíaco: Termodiluição X Simpson, Termodiluição X Theicholz e Simpson X Theicholz. Foram avaliados os dados de 20 amostras (coletadas em quadruplicata de cinco animais), pelos métodos de Termodiluição (com a utilização do cateter de Swan-Ganz posicionado no interior da artéria pulmonar), Simpson Modificado e Theicholz (utilizando a ecocardiografia)..... 20

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Valores basais da função ventricular esquerda em jumentos nordestinos, por meio do doppler tecidual. Foram avaliados os dados de 20 amostras (coletadas em quadruplicata de cinco animais)..... 29

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2	Página
<p>Figura 1. Animal posicionado em tronco de contenção em sala climatizada, com o cateter de Swan-Ganz aplicado e posicionado no interior da artéria pulmonar, monitores multiparamétricos e aparelho de ultrassonografia posicionados para o início do estudo.....</p>	12
<p>Figura 2. Traçado de pressão por meio de monitor multiparamétrico, indicando o posicionamento da extremidade do cateter de Swan Ganz em jumentos. A) Átrio direito; B) Ventrículo direito; C) Entrada da artéria pulmonar; D) Interior da artéria pulmonar.....</p>	13
<p>Figura 3. Imagem ecocardiográfica com a demarcação da área do ventrículo esquerdo durante a sístole para o cálculo do débito cardíaco pelo método da somatória dos discos (Simpson Modificada).....</p>	15
<p>Figura 4. Imagem ecocardiográfica em Modo-M para a mensuração da espessura do septo interventricular (IVS), do diâmetro do ventrículo esquerdo (LVD) e do espessamento da parede livre do ventrículo esquerdo (LVFW) durante a sístole e a diástole para o posterior cálculo do débito cardíaco pelo método de Teicholz.....</p>	16
<p>Figura 5. Gráficos de Bland-Altman apresentando as médias e o viés fixo entre as técnicas de Termodiluição X Simpson, Termodiluição X Theicholz e Simpson X Theicholz. Avaliadas os dados de 20 amostras (coletadas em quadruplicata de cinco animais), pelos métodos de Termodiluição (com a utilização do cateter de Swan-Ganz posicionado no interior da artéria pulmonar), Simpson Modificado e Theicholz (utilizando a ecocardiografia).....</p>	19
CAPÍTULO 3	
<p>Figura 1. Imagens ecocardiográficas com a função Doppler Tecidual para a visualização da parede livre do ventrículo esquerdo e avaliação da função miocárdica de Jumento Nordestinos (<i>Equus asinus</i>).....</p>	29

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

A origem dos jumentos nordestinos (*Equus asinus*) é pouco esclarecida. Acredita-se que eles foram trazidos ao Brasil por Martin Afonso de Souza, por volta de 1534 (Almeida, 2009). O número estimado de asininos no Brasil é de aproximadamente um milhão de animais, correspondendo a cerca de 2% da população mundial (FAO, 2011).

Os jumentos têm por característica sua rusticidade e grande capacidade de adaptação às condições do semiárido brasileiro (Almeida, 2009). Devido a essas qualidades, eles possuem enorme importância socioeconômica e cultural na região nordeste (Hermsdorff, 1965), uma vez que 90% da população nacional de asininos se encontram nesta região (IBGE, 2010).

As suas atividades estão relacionadas a uma enorme demanda de energia e, conseqüentemente, trabalho cardíaco, uma vez que estes são utilizados nas atividades agrícolas, bem como meio de transporte (Hassan e Torad, 2015). Alterações cardíacas como remodelamento cardíaco por esforço atlético, ou outras relacionadas ao sedentarismo e envelhecimento, podem ocorrer em humanos e nos cavalos, sendo factíveis de ocorrer em asininos. Soma-se a isto a maior expectativa de vida da espécie em relação aos cavalos (Roberts e Dukes-McEwan, 2016). Por esses motivos, o estudo, a avaliação e a padronização de valores de morfológicos e funcionais de referência para a espécie tornam-se importantes.

A função do sistema cardiovascular pode ser exemplificada pelo transporte e distribuição de oxigênio, nutrientes, hormônios, glóbulos brancos, plaquetas e eletrólitos aos tecidos e pela remoção do dióxido de carbono e outros resíduos metabólicos, com o objetivo de manter a homeostase (Riedesel e Engen, 2015). O componente básico desse sistema é o coração, sendo composto por quatro câmaras, átrios direito e esquerdo e ventrículos direito e esquerdo, atuando como uma bomba e distribuindo o sangue por todo o organismo (Muir, 2014).

Embora o princípio seja simples, esse sistema deve possuir a capacidade de alterar rapidamente a perfusão sanguínea dos órgãos como, por exemplo, no sistema musculoesquelético. Em repouso, ele não requer um fluxo sanguíneo intenso. Já quando o exercício é iniciado, exige-se o aumento rápido de demanda de oxigênio e glicose (Riedesel e Engen, 2015), podendo o valor do débito cardíaco aumentar em até oito vezes, quando comparado ao indivíduo em repouso (Shih, 2013). Devido a essa mudança, o fluxo total de sangue, o débito cardíaco, e sua distribuição no organismo devem se readaptar rapidamente para atender a nova demanda (Riedesel e Engen, 2015).

Na presença de anormalidades na movimentação da parede ventricular, causadas por isquemia, arritmia cardíaca, inflamação miocárdica, lesões tumorais ou derrames pericárdicos, o volume de sangue ejetado (ou volume sistólico [VS]), acaba por sofrer alterações. Estas variações no volume sistólico interferem diretamente nos valores do débito cardíaco (Muir, 2014). Variações na pré-carga, pós-carga, contração e relaxamento do miocárdio estão inter-relacionados. Sendo assim, uma pode influenciar a outra e, como consequência, modifica-se os valores da frequência cardíaca (FC), resultando em oscilações do débito cardíaco (Brigh e Marr, 2010).

Um dos parâmetros avaliados para o estudo da funcionalidade cardíaca é o débito cardíaco (DC), uma variável que indica quão bem o coração está desempenhando sua função (Shih, 2013). Sua medição precisa, associada à obtenção das dimensões cardíacas, representam a base para o diagnóstico de doenças cardiovasculares (Farag e Ibrahim, 2020).

O DC além de ser um fator importante na avaliação da função cardiovascular, permite também o cálculo de diversos parâmetros para melhor ser avaliada a função cardíaca. Além disso, possibilita a determinação de indicadores importantes de estresse, *shunt* intrapulmonar, resistência vascular pulmonar, consumo global de oxigênio, taxa de extração de oxigênio, tipo e estágio de choque. Ainda, auxilia na escolha e administração de fluidos e agentes vasopressores durante o procedimento anestésico (Shih, 2013). O cálculo do DC se dá por meio da obtenção dos valores do volume de ejeção (VE) multiplicado pela FC, chegando assim ao DC, em L/min. A

fração de ejeção representa o volume de sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo (VS), após cada ciclo cardíaco, (Boon, 2011).

Alguns métodos para o registro do débito cardíaco foram desenvolvidos nos últimos anos e a termodiluição é um deles. Nesta técnica se faz necessária a cateterização da artéria pulmonar, com uso do cateter de Swan-Ganz. Por ele é realizada a infusão em *bolus* de solução refrigerada (4° C), para assim mensurar o débito cardíaco (Corley, 2001). Este é um método considerado padrão para a obtenção do débito cardíaco (Critchley et al., 2011). No entanto, devido aos riscos potenciais associados ao cateterismo da artéria pulmonar, sua adequação aos pacientes equinos é questionável, tornando necessária a busca por novas técnicas de estimativa do débito cardíaco (Corley, 2001).

A ecocardiografia é um método diagnóstico dinâmico que permite avaliar a morfologia e a funcionalidade do coração, além de ser uma técnica não invasiva, que associada ao conhecimento da anatomia ecocardiográfica normal, auxilia na identificação e interpretação de quaisquer alterações estruturais e funcionais, caso presentes (Zucca et al., 2008). Por meio da ecocardiografia é possível utilizar técnicas e ferramentas para obtenção do débito cardíaco que representam riscos significativamente menores para os pacientes, quando comparados aos métodos invasivos (Shih, 2013).

Neste sentido, a averiguação da eficácia de um método não-invasivo de avaliação do débito cardíaco, conjuntamente com as demais avaliações de estrutura e função do coração, favoreceria, caso se mostre eficaz, na análise mais detalhada do sistema cardiovascular dos jumentos.

A modalidade Doppler Tecidual (DT) é relativamente recente, baseando-se no registro e mensuração das velocidades do miocárdio em diferentes segmentos. Por conseguinte, fornece informações sobre a função hemodinâmica resultante das variações de pressão intracavitária. Deste modo, contribui para a detecção de doenças que alteram a contratilidade e o relaxamento do músculo cardíaco (Almeida e Alves, 2019). Assim como nas técnicas convencionais de Doppler, o ângulo entre o feixe de ultrassom e o vetor de movimento do miocárdio deve ser o mais estreito possível, a fim de não subestimar as velocidades miocárdicas (Chetboul, 2002).

O DT é calibrado para eliminar os sinais de baixa amplitude e alta velocidade das células sanguíneas e registrar apenas os sinais de alta amplitude e baixa velocidade provenientes da movimentação do miocárdio. Sua representação é dada também na forma de cores, em que o movimento do miocárdio em direção ao transdutor é vermelho e a aproximação em azul (Almeida e Alves, 2019). Durante a sístole, o coração gira e se move em direção à parede torácica. Já durante a diástole, o movimento é oposto, com o coração se afastando da parede torácica. Com isso, dois diferentes tipos de movimentos intrínsecos do miocárdio são descritos, o circunferencial e o longitudinal, sendo o primeiro devido as fibras circunferenciais encontradas na parede média do miocárdio e o segundo pelas fibras longitudinais localizadas no subendocárdio, o qual sempre promove uma movimentação em sentidos opostos durante a sístole e a diástole (Chetboul et al., 2001).

Na fase de contração muscular, uma onda de contratilidade miocárdica (S'), positiva, é gerada. Durante o relaxamento do miocárdio, duas ondas negativas são produzidas, uma relacionada ao relaxamento do miocárdio (E') e outra à fase de contração atrial (A'). O relaxamento do ventrículo esquerdo, a função sistólica e a pressão intraventricular esquerda são fatores que influenciam a velocidade da onda E' , enquanto a velocidade da onda A' é determinada pela função sistólica do átrio esquerdo e pela pressão intraventricular esquerda ao final da diástole. A alta sensibilidade desta técnica permite a detecção de anormalidades do músculo cardíaco, aumentando sua acurácia (Almeida e Alves, 2019).

2. OBJETIVOS GERAIS

Pelo presente, buscou-se avaliar a eficácia do método ecocardiográfico da somatória dos discos e Theicholz, não invasivos, em estimar o débito cardíaco de jumentos nordestinos (*Equus asinus*) frente ao método da termodiluição. Além disso, apresentou-se valores basais da funcionalidade do ventrículo esquerdo determinados por meio do Doppler Tecidual.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida LD (2009) **Diversidade genética de raças asininas criadas no Brasil, baseada na análise de locos microssatélites e DNA mitocondrial**. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. Brasília/DF.

Almeida VT, Alves FR (2019) Ultrassonografia Doppler. In: Feliciano MAR, Assis AR, Vicente WRR. **Ultrassonografia em Cães e Gatos**, (1ª ed.) MedVet: São Paulo. cap. 2, p. 20 – 32.

Boon JA (2011) **Veterinary echocardiography**. 2. ed. New Jersey: Blackwell Publishing, p. 610.

Brigth JM, Marr CM (2010) Introduction to cardiac anatomy and physiology. In: Marr CM, Bowen M. **Cardiology of the Horse**, 2nd ed. Saunders Elsevier. cap. 1, p. 3 – 19.

Chetboul V (2002) Tissue Doppler Imaging: a promising technique for quantifying regional myocardial function. **Journal of Veterinary Cardiology**. v. 4: 2.

Chetboul V, Escriou C, Blot S, et al. (2001) Early detection of myocardial dysfunction in a dog model of dilated cardiomyopathy by tissue Doppler imaging. **Circulation**. v. 104: II – 351.

Corley KTT (2001) **Validation of a new method of determining cardiac output in neonatal foals**. Thesis (Master of Science in Veterinary Medical Sciences). Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. Leesburg, Virginia.

Critchley LA, Yang XX, Lee A (2011) Assessment of trending ability of cardiac output monitors by polar plot methodology. **Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia**, v. 24, n. 3, p. 536 – 546.

FAO 2011. **Food and Agriculture Organization**, United Nations, Rome. Disponível em <<http://faostat.fao.org/site/573/DesktopDefault>> Acesso em 25 de fevereiro de 2019.

Farag AMM, Ibrahim HMM (2020) Reference values and repeatability of B-Mode and M-Mode echocardiographic parameters in healthy donkey (*Equus asinus*) – The guide to assess healthy heart. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 88.

Hassan EA, Torad FA (2015) Two-Dimensional and M-Mode echocardiographic measurements in the healthy donkey (*Equus asinus*). **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 35, p. 283 – 289.

Hermsdorff GE (1956) Equídeos. In: **Zootecnia especial**. Rio de Janeiro, Imprensa Nacional, 625p.

IBGE. **Produção da pecuária municipal**. 2010. 28, 61P.

Muir WW (2014) Sistema cardiovascular. In: TRANQUILLI, W. J.; THURMON, J. C.; GRIMM, K. A. **LUMB & JONES: Anestesiologia e Analgesia Veterinária**, 4. ed. Roca: São Paulo. cap. 4, p. 69 – 130.

Riedesel DH, Engen RL (2015) The heart and vasculature: Gross structure and basic properties. In: REECE, W. O.; ERICKSON, H. H.; GOFF, J. P.; UEMURA, E. E. **Duke's Physiology of Domestic Animals**, 13 ed. Wiley Blackwell: Ames, Iowa, USA. cap. 30, p. 287 – 305.

Roberts SL, Dukes-McEwan J (2016) Echocardiographic reference ranges for sedentary donkeys in the UK. **Veterinary Record**, 179: 332.

Shih A (2013) Cardiac output monitoring in horses. **Vet Clin Equine**, v. 29, p. 155 – 167.

Zucca E, Ferrucci F, Croci C, Di Fabio V, Zaninelli M, Ferro E (2008) Echocardiographic measurements of cardiac dimensions in normal Standardbred racehorses. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 10, p. 45 – 51.

CAPÍTULO 2 – Validação das ferramentas ecocardiográficas de Teicholz e Somatória dos Discos (Simpson Modificada) para o cálculo do débito cardíaco em Jumentos Nordestinos (*Equus asinus*)

RESUMO – Pelo presente avaliou-se a eficácia dos métodos ecocardiográficos da somatória dos discos e de Teicholz, não invasivos, em estimar o DC de jumentos nordestinos (*Equus asinus*) frente ao método da Termodiluição. Para a obtenção do DC foram realizados os métodos direto (termodiluição) e indiretos (somatória dos discos de Simpson e Teicholz), pela ecocardiografia. As análises foram conduzidas em cinco animais distintos e os valores registrados em quadruplicata, com intervalo mínimo de sete dias entre as avaliações. Observou-se correlação (Spearman) moderada entre os métodos de Simpson e Teicholz ($r_s = 0,452$, $p = 0,045$) e tendência entre os métodos de Termodiluição e Simpson ($r_s = 0,423$, $p = 0,062$) a se correlacionar, e ausência de correlação entre os métodos de Termodiluição e Teicholz ($r_s = 0,283$, $p = 0,223$). A análise de concordância entre métodos distintos por Bland-Altman demonstrou haver melhor relação entre a Termodiluição e Simpson (viés = - 1,70 e DP = 3,24), em relação à Termodiluição e Teicholz (viés = - 6,09 e DP = 3,04) e Simpson e Teicholz (viés = - 4,38 e DP = 2,32). Do mesmo modo, pelo método de regressão linear observou-se não haver propensão dos métodos de Simpson ($p = 0,217$) e Teicholz ($p = 0,954$) em superestimar ou subestimar os valores do DC, obtidos pela Termodiluição. Por outro lado, há tendência do método de Teicholz ($p = 0,061$) em superestimar ou subestimar os valores do DC obtidos pelo método de Simpson. A análise de regressão ordinária dos produtos mínimos (ROPM) revelou ausência de viés fixo e presença de viés proporcional entre os métodos de Simpson e Teicholz e Termodiluição e Teicholz e ausência de viés fixo e viés proporcional entre a Termodiluição e Simpson.

Palavras-chave: asininos, cardiologia, débito cardíaco, ecocardiografia.

1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DE LITERATURA

A termodiluição é um método amplamente utilizado para a avaliação do débito cardíaco, sendo considerada o padrão ouro para este fim (Shih, 2013). Ela consiste na cateterização do lado direito do coração, onde um cateter especial, contendo termostato, é inserido na veia jugular externa, passando pelo átrio e ventrículo direito até que sua extremidade esteja posicionada no lúmen da artéria pulmonar (Corley, 2001). Uma solução indicadora, a aproximadamente 4°C, é aplicada pelo cateter promovendo mudança na temperatura do sangue, a qual é observada pelo termostato posicionado na extremidade distal do cateter. Essa mudança de temperatura proporcionada pela infusão da solução refrigerada cria uma curva em relação ao tempo. O cálculo da área sob a curva permite a estimativa do débito cardíaco (Ganz e Swan, 1972).

Essa técnica apresenta vantagens como a possibilidade de múltiplas medições devido à não existência de acúmulo da solução e ao pequeno volume aplicado a cada medição, além de permitir o registro da pressão da artéria pulmonar e a saturação de oxigênio no sangue venoso misto (Corley, 2001). As desvantagens ocorrem devido à invasividade da técnica, o que dificulta a utilização desse método em pacientes com comorbidades (Lépiz et al., 2008).

Seus riscos estão associados a indução de arritmias, danos ao endotélio cardíaco, infecção e tromboembolismo pulmonar e até mesmo ruptura da artéria pulmonar (Shih, 2013), além de estar associado a eventuais erros como: alterações na temperatura e volume da solução injetada; tempo e velocidade de injeção; administrações prévias de fluido intravenoso; hipo ou hipertermia do paciente; alterações da pressão sanguínea; defeitos ou má colocação do cateter; presença de *shunts* cardíacos, pacientes pediátricos e alterações ou doenças cardiovasculares (Nishikawa e Dohi, 1993).

Outro método utilizado para avaliação da função e desempenho cardíaco é a ecocardiografia. As mensurações realizadas por esse método avaliam prováveis falhas no bombeamento sanguíneo, por meio da visualização da função ventricular (Lightowler et al., 1996; Canola et al., 2007). A ecocardiografia é um método sensível

que permite a avaliação funcional e morfológica do coração. Além disto, permite obter diversas variáveis hemodinâmicas, disponibilizando informações importantes a respeito da condição do paciente de forma rápida (Marcelino et al., 2006; Toni et al., 2014). Ela se baseia na identificação de um intervalo de referência para as dimensões cardíacas, proporcionando informações para o reconhecimento e interpretação de características normais ou anormais. Embora os jumentos e cavalos pertençam a mesma família, não é cabível usar valores encontrados nos cavalos para predizer o padrão normal das dimensões cardíacas em jumentos (Hassan e Torad, 2015).

Existem três tipos de técnicas ecocardiográficas utilizadas na rotina clínica, complementares umas às outras: o modo M (movimento), o modo B (bidimensional) e a ecocardiografia Doppler (Gazi et al., 2015). O modo M registra, em determinado período, uma secção da imagem ultrassonográfica. Ele é ativado a partir do modo B e forma uma imagem na qual a profundidade é exibida no eixo vertical e o tempo no eixo horizontal (Drost, 2019). Seu registro é feito por meio de um traçado representando a mudança da distância entre as superfícies refletoras (Nepomuceno e Avante, 2019).

A ecocardiografia em modo M pode produzir imagens claras das bordas cardíacas, permitindo a obtenção de medidas precisas das dimensões cardíacas, além da avaliação crítica a respeito do movimento (Gazi et al., 2015). Para a avaliação adequada em modo M, o cursor deve ser posicionado dentro do coração, no limite da parede livre do ventrículo esquerdo, incluindo o ventrículo esquerdo, ao nível das cordoalhas tendíneas, a válvula mitral e a raiz aórtica (Gazi et al., 2015).

Já o modo B tem seus ecos representados por diversos pontos luminosos em diferentes escalas de cinza, proporcionais a intensidade de reflexão de cada tecido (Nepomuceno e Avante, 2019). Sua visualização padrão inclui a visão das quatro câmaras cardíacas, pelo eixo paraesternal longo. É possível avaliar a saída do ventrículo esquerdo e ventrículo direito e, quando necessário, a válvula mitral, aorta e artéria pulmonar (Gazi et al., 2015).

A ultrassonografia Doppler é uma técnica complementar ao modo B, que capta alterações na frequência das ondas sonoras refletidas pelas hemácias em movimento. Afere, de maneira não invasiva, a presença, direção e velocidade do fluxo sanguíneo,

os quais fornecem informações relevantes sobre a dinâmica vascular (Almeida e Alves, 2019). A ecocardiografia Doppler utiliza cores para mapear o fluxo sanguíneo do coração, sendo uma ferramenta útil para determinar a velocidade do fluxo em determinadas áreas, como na estenose subaórtica, estenose pulmonar e, também, para avaliar defeitos na parede cardíaca e regurgitações das válvulas cardíacas (Gazi et al., 2015).

Para a realização do exame, em semelhança à técnica da termodiluição, o paciente é mantido em posição quadrupedal. Há necessidade de projeção cranial do membro torácico para obtenção de uma janela acústica adequada, entre o 4º e 5º espaços intercostais (Canola et al., 2007). A mensuração ecocardiográfica é realizada na janela paraesternal direita, nos eixos longitudinal e transversal. O lado esquerdo também é analisado para complementar a avaliação (Boon, 2011).

Para se analisar o VS e a fração de ejeção (FE), comumente utiliza-se a técnica de Teicholz, a qual assume o ventrículo com um formato elíptico (Schmidt et al., 1995; Simioni et al., 2012) e permite o cálculo do volume do ventrículo esquerdo a partir do diâmetro interno da cavidade ventricular (Chetboul et al., 2016). A equação de Teicholz determina o volume ventricular por meio da fórmula do cubo, utilizando a imagem em modo M (Sousa et al., 2019).

Além de Teicholz, pode ser utilizado o método de Simpson modificado. Este apresenta uma forma mais complexa, na qual o ventrículo é dividido em cilindros e calcula-se a FE para cada um deles (Meyer-Wittkopf et al., 2001; Simioni et al., 2012). Este é o método mais aceito, por minimizar quaisquer modificações na geometria ventricular (Ciampi e Villari, 2007). A interface do endocárdio do ventrículo esquerdo é medida no momento da sístole e da diástole, para que ambas as áreas possam ser definidas. Do mesmo modo, faz-se o registro da frequência cardíaca. Com esses dados é possível obter o valor do débito cardíaco de modo não invasivo (McConachie et al., 2013).

A avaliação do desempenho cardíaco nos cavalos é prejudicada pela capacidade limitada em utilizar procedimentos invasivos ou caros. No entanto, se as informações necessárias puderem ser obtidas por meio de um procedimento seguro, como a ecocardiografia, há pouca justificativa para realizar o cateterismo cardíaco ou

angiocardiografia nuclear (Brigh e Marr, 2010). A ecocardiografia oferece uma forma de avaliar, não invasivamente, a anatomia e a função do coração. Deste modo, auxilia na observação e na resposta terapêutica de animais com doenças cardíacas (Kriz e Rose, 2002). Essa técnica apresenta aplicação crescente em animais de grande porte, uma vez que outras ferramentas não invasivas de diagnóstico cardíaco apresentam valor limitado devido ao tamanho, anatomia e fisiologia do coração nessas espécies (Reef, 1985; Amory et al., 2004). Os dados ecocardiográficos publicados para jumentos são muito escassos, limitando assim o valor diagnóstico e o prognóstico nesses animais (Amory et al., 2004). Neste sentido, o melhor entendimento das variáveis e da funcionalidade cardíaca torna-se benéfico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Comissão de ética no uso de animais

O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, FCAV/Unesp, câmpus de Jaboticabal, sob o protocolo nº 004830/19.

2.2. Animais

Foram utilizados cinco asininos adultos, jumentos nordestinos (*Equus asinus*), sendo um macho castrado e quatro fêmeas, com peso variando entre 104-150 kg. Durante a prospecção do estudo, os dados clínicos foram colhidos em quadruplicada, com intervalo mínimo de sete dias entre as análises. O estudo foi conduzido conjuntamente à execução de outro ensaio clínico, na qual também foi padronizada a constante de computação para obtenção do débito cardíaco pelo método da termodiluição. Os animais foram submetidos à avaliação clínica, não sendo observado nenhum sinal de alterações cardiológicas a auscultação cardíaca, e a exame laboratorial (hemograma e proteína plasmática total) para comprovar sua higidez previamente à realização do estudo. Do mesmo modo, os animais foram mantidos em piquetes coletivos ou baias individuais, com alimentação a base de feno ou silagem

de milho e ração comercial para equídeos uma vez ao dia e acesso livre à água potável. Ainda, a obtenção dos débitos cardíacos pelo método invasivo (termodiluição) e não invasivos (somatória dos discos de Simpson e Theicholz) foi realizada simultaneamente em cada animal.

2.3. Procedimento Experimental

As coletas dos dados foram realizadas durante o outono, pelo mesmo avaliador e os animais foram mantidos em baias individuais, sendo previamente submetidos a jejum alimentar de oito horas, antecedendo o início de cada procedimento experimental. No momento da avaliação, os animais foram, individualmente, posicionados em tronco de contenção localizado em sala climatizada (25°C) (Figura 1). Padronizou-se um período de adaptação de 20 minutos ao ambiente precedendo as análises.



Figura 1. Animal posicionado em tronco de contenção em sala climatizada, com o cateter de Swan-Ganz inserido e posicionado no interior da artéria pulmonar, monitores multiparamétricos e aparelho de ultrassonografia posicionados para o início do estudo. Imagem cedida por Diego Iwao Yamada, 2017.

2.3.1. Termodiluição

Foi realizada tricotomia prévia na região do terço médio do sulco jugular direito, seguido de antissepsia cirúrgica local com escovação com clorexidina degermante 2% por sete minutos, seguido de enxague local com álcool 70%. Ato contínuo, realizou-se o bloqueio anestésico local com bupivacaína¹, sem vasoconstritor, para posterior implantação asséptica de cateter introdutor 8,5F². Através do lúmen deste cateter foi introduzido um cateter de Swan-Ganz³, o qual teve sua extremidade posicionada no interior da artéria pulmonar. O posicionamento correto da extremidade do cateter foi atestado por meio da análise da leitura do traçado de pressão, em monitor multiparamétrico⁴ (Figura 2) (Bonagura e Muir, 1991) e, também, com auxílio da ecocardiografia⁵.

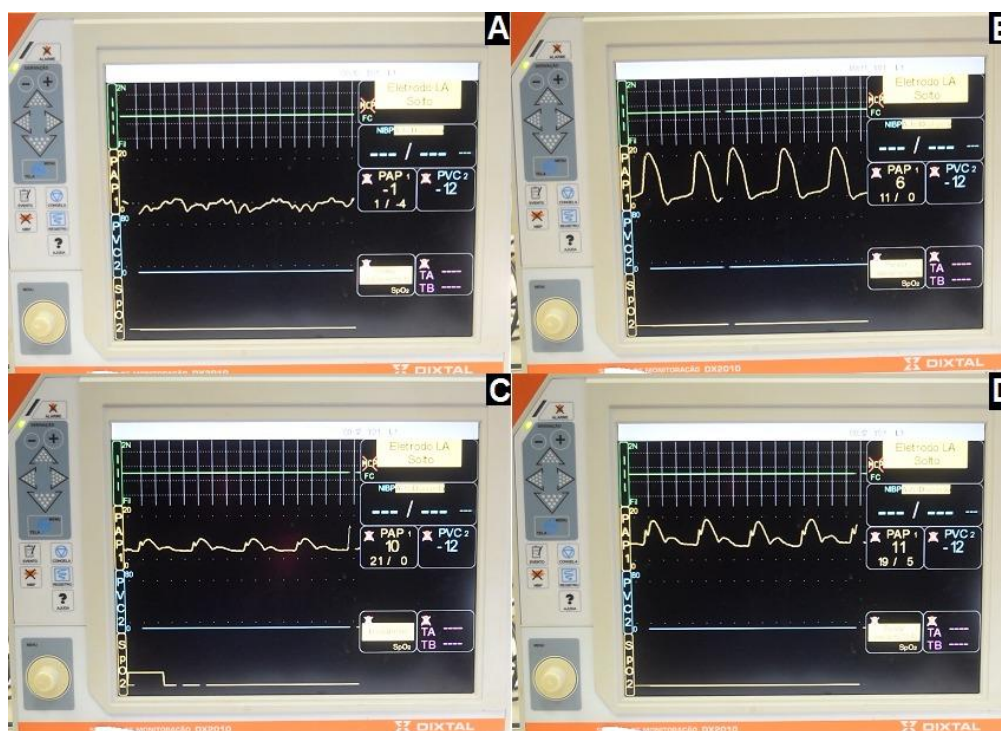


Figura 2. Traçado de pressão por meio de monitor multiparamétrico, indicando o posicionamento da extremidade do cateter de Swan Ganz em jumentos. A) Átrio direito; B) Ventrículo direito; C) Entrada da artéria pulmonar; D) Interior da artéria pulmonar. Imagem cedida por Diego Iwao Yamada, 2017.

¹ Neocaína 0,75% - Cristália, Itapira-SP, Brasil.

² Kit introdutor percutâneo (Intro-Flex) 8,5F – Edwards lifesciences, São Paulo-SP, Brasil.

³ 7,5 French Arrow balloon thermodilution cateter, Arrow. International Inc., Reading, PA., USA.

⁴ Monitor DX2010, Dixtal, Manaus - AM, Brasil

⁵ MyLab Alpha, Esaote. Itália (Processo FAPESP 2018/24287-0).

O débito cardíaco (DC – em L/min) pelo método de termodiluição, foi determinado administrando-se, no intervalo de tempo de dois segundos, 5,0 mL de solução glicofisiológica refrigerada (temperatura entre 0 e 4°C), em administração única, pelo lúmen do cateter de Swan-Ganz. As mensurações foram realizadas até a obtenção de três valores de DC, com diferença menor que 0,5 L/min entre elas (Muir et al., 1976). A constante de computação utilizada foi padronizada pelo modelo do cateter Swan-Ganz 131HF7, de 0,247.

2.3.2. Método da Somatória dos Discos (Simpson Modificado)

A ecocardiografia foi realizada com o auxílio de aparelho de ultrassom⁶, utilizando transdutor setorial de disposição em fase, multifrequencial, específico para cardiologia, com variação de frequência entre 1,0MHz a 4,0MHz. A região paraesternal direita, dorsal ao olécrano, correspondendo ao 4º ou 5º espaço intercostal foi tricotomizada e preparada para o exame (escovação com bucha cirúrgica contendo clorexidina degermante a 2% e enxague com água). O coração foi localizado no seu eixo longitudinal (eixo maior), observando-se suas quatro câmaras, em imagens bidimensionais (Canola et al., 2007; Linardi et al., 2008; Boon, 2011).

Conforme o recomendado pela Sociedade Americana de Ecocardiografia e Associação Europeia de Imagem Cardiovascular, calculou-se a fração e o volume de ejeção pelo método de somatória dos discos (método de Simpson modificado) (Lang et al., 2015). Para tal, as imagens ecocardiográficas foram obtidas de acordo com as referências ao exame descrito para os cavalos (Figura 3) (Boon, 2011). Simultaneamente à obtenção desses valores, registrou-se a frequência cardíaca dos animais, por meio do módulo de eletrocardiografia (ECG) do aparelho de ultrassom, com os eletrodos posicionados em derivação base-ápice (D2), conforme descrição prévia (Perotta, 2009). O cálculo imediato do débito cardíaco se deu pelo software do aparelho de ultrassom.

⁶ Esaote MyLab Desk Vet Gold 30. Esaote, Itália.

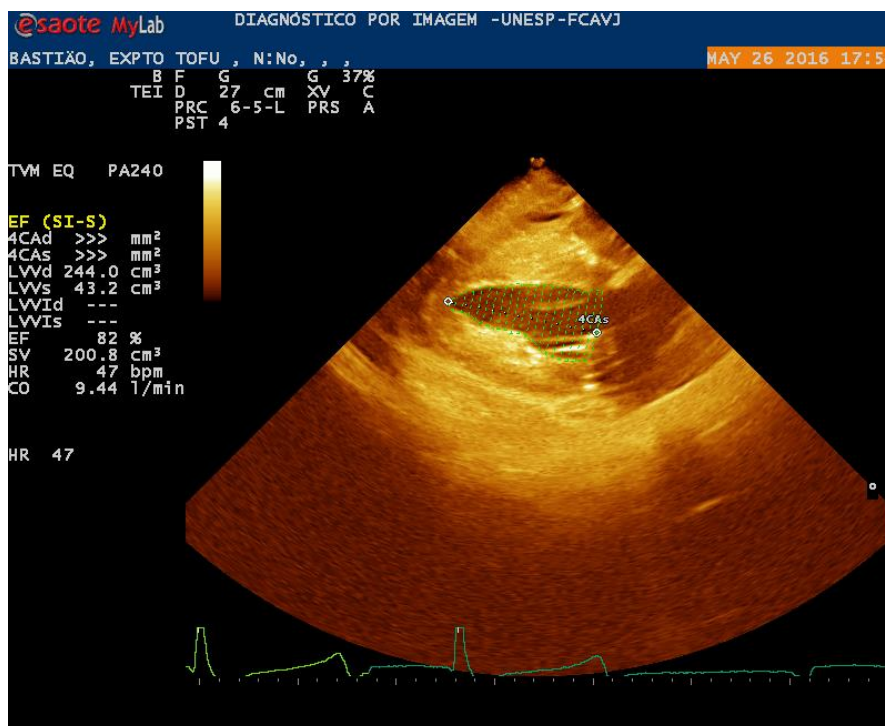


Figura 3. Imagem ecocardiográfica com a demarcação manual da área do ventrículo esquerdo durante a sístole para o cálculo do débito cardíaco pelo método da somatória dos discos (Simpson Modificada).

2.3.3. Theicholz

Seguindo os mesmos passos iniciais da avaliação ecocardiográfica, utilizando o modo-B do aparelho, foram localizados os músculos papilares e as cordas tendíneas, pontos de referência na realização das medidas cardíacas. Definido o ponto de interesse pelo modo-B, foi então acionado o modo-M. Com a imagem congelada no monitor de vídeo, foram mensuradas, durante a sístole e diástole, a espessura do septo interventricular (IVS), o diâmetro do ventrículo esquerdo (LVD) e o espessamento da parede livre do ventrículo esquerdo (LVFW). Foram obtidos pelo software do aparelho de ultrassom, o diâmetro do ventrículo esquerdo ao final da diástole (LVDd) e o diâmetro do ventrículo esquerdo ao final da sístole (LVDs) (Figura 4).

O volume diastólico (Vd) e volume sistólico (Vs) foram calculados manualmente utilizando a equação: $Vd = [7/(2,4 + LVDd)] \times LVDd^3$, $Vs = [7/(2,4 + LVDs)] \times LVDs^3$. A fração de ejeção (EF) foi calculada por meio da equação: $EF = (Vd - Vs)/Vd$ (Boon, 2011). O volume de ejeção (SV) foi calculado pela subtração entre os valores de Vd e

Vs, e, o DC encontrado a partir da multiplicação dos valores de SV pela frequência cardíaca do paciente, no momento do exame.

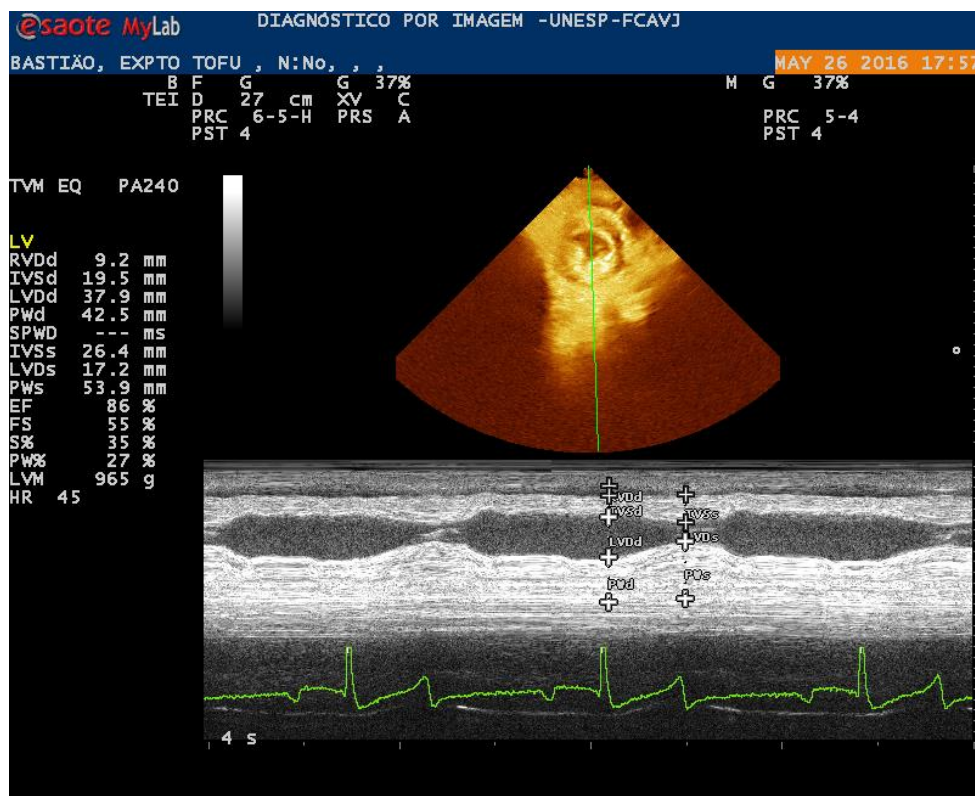


Figura 4. Imagem ecocardiográfica em Modo-M para a mensuração da espessura do septo interventricular (IVS), do diâmetro do ventrículo esquerdo (LVD) e do espessamento da parede livre do ventrículo esquerdo (LVFW) durante a sístole e a diástole para o posterior cálculo do débito cardíaco pelo método de Teicholz.

2.4. Análise Estatística

A correlação entre os valores do débito cardíaco obtidos por ambos os métodos foi averiguada pelo método de correlação de Spearman (não paramétricos). Ainda, efetuou-se o teste de comparação de médias pelo método de Bland-Altman e por regressão linear. Além disso, a intercambialidade entre os métodos (presença ou ausência de viés fixo e proporcional) foi verificada pela análise de regressão pelos produtos mínimos (RPM). Considerou-se um nível de significância de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

A técnica escolhida para a aferição do débito cardíaco influencia em seus valores finais (Tabela 1). Quando comparados os métodos de obtenção do débito cardíaco, Simpson modificado apresentou correlação moderada em relação à Termodiluição ($r_s = 0,423$, $p = 0,062$). Já o método de Theicholz não apresentou correlação em relação à Termodiluição ($r_s = 0,283$, $p = 0,22$), porém, apresentou correlação com a técnica de Simpson ($r_s = 0,452$, $p = 0,045$) (Tabela 2).

Tabela 1. Frequência cardíaca – FC – (bpm) e débito cardíaco (L/min) obtido a partir de 20 coletas (realizadas em quadruplicata em cinco animais) pelos métodos de Termodiluição (com a utilização do cateter de Swan-Ganz posicionado no interior da artéria pulmonar), Simpson Modificado e Theicholz (utilizando a ecocardiografia).

ANIMAL	COLETA	FC	TERMODILUIÇÃO	SIMPSON	THEICHOLZ
1	1	45	7,90	5,26	2,38
	2	63	10,26	9,44	4,25
	3	44	10,30	5,51	2,34
	4	32	9,20	5,20	1,49
2	1	58	13,90	12,50	4,55
	2	53	13,10	7,64	4,57
	3	52	-	8,81	4,22
	4	50	10,13	9,43	5,88
3	1	58	9,36	7,58	2,49
	2	49	11,70	6,82	3,27
	3	55	8,20	5,98	2,49
	4	47	7,23	7,37	2,23
4	1	48	13,63	13,42	3,36
	2	48	11,06	7,87	2,22
	3	46	10,43	8,00	3,71
	4	49	9,13	12,18	-
5	1	53	7,16	6,42	2,64
	2	47	10,60	5,28	4,70
	3	48	7,50	5,22	4,15
	4	48	8,10	4,97	2,52
$\bar{X} \pm DP$			9,44 ± 3,01	7,74 ± 2,57	3,36 ± 1,13

Valores da frequência cardíaca (FC) em cada coleta e do débito cardíaco (DC) expressos em (L/min), média (\bar{X}) e desvio padrão (DP).

Tabela 2. Análise pela Correlação de Spearman para os valores de débito cardíaco (L/min) obtido a partir de 20 coletas (realizadas em quadruplicata em cinco animais) pelos métodos de Termodiluição (com a utilização do cateter de Swan-Ganz posicionado no interior da artéria pulmonar), Simpson Modificado e Theicholz (utilizando a ecocardiografia).

Métodos	n	p	rs
Termodiluição x Simpson	20	0,06	0,423
Termodiluição x Teicholz	20	0,22	0,293
Simpson x Teicholz	20	0,04	0,452

Tabela apresentando o número de amostras (*n*), o coeficiente de correlação (*rs*) e a significância (*p*).

A análise de concordância entre métodos distintos, pelo método de Bland-Altman, demonstrou haver melhor relação entre a Termodiluição e Simpson (viés = - 1,70 e DP = 3,24), em relação à Termodiluição e Theicholz (viés = - 6,09 e DP = 3,04) e Simpson e Theicholz (viés = - 4,38 e DP = 2,32). Do mesmo modo, pelo método de regressão linear observou-se não haver propensão dos métodos de Simpson ($p = 0,217$) e Theicholz ($p = 0,954$) em superestimar ou subestimar os valores do DC, obtidos pela Termodiluição. Por outro lado, há tendência do método de Theicholz ($p = 0,061$) em superestimar ou subestimar os valores do DC obtidos pelo método de Simpson.

Os gráficos de Bland-Altman, demonstram a diferença entre as médias, relacionando a ausência ou presença de viés fixo, podendo ser observados altos valores de viés em relação as técnicas em estudo (Figura 5), sendo a diferença entre as médias da Termodiluição e Simpson menor em comparação às outras. Isto significa que há maior concordância entre as duas técnicas.

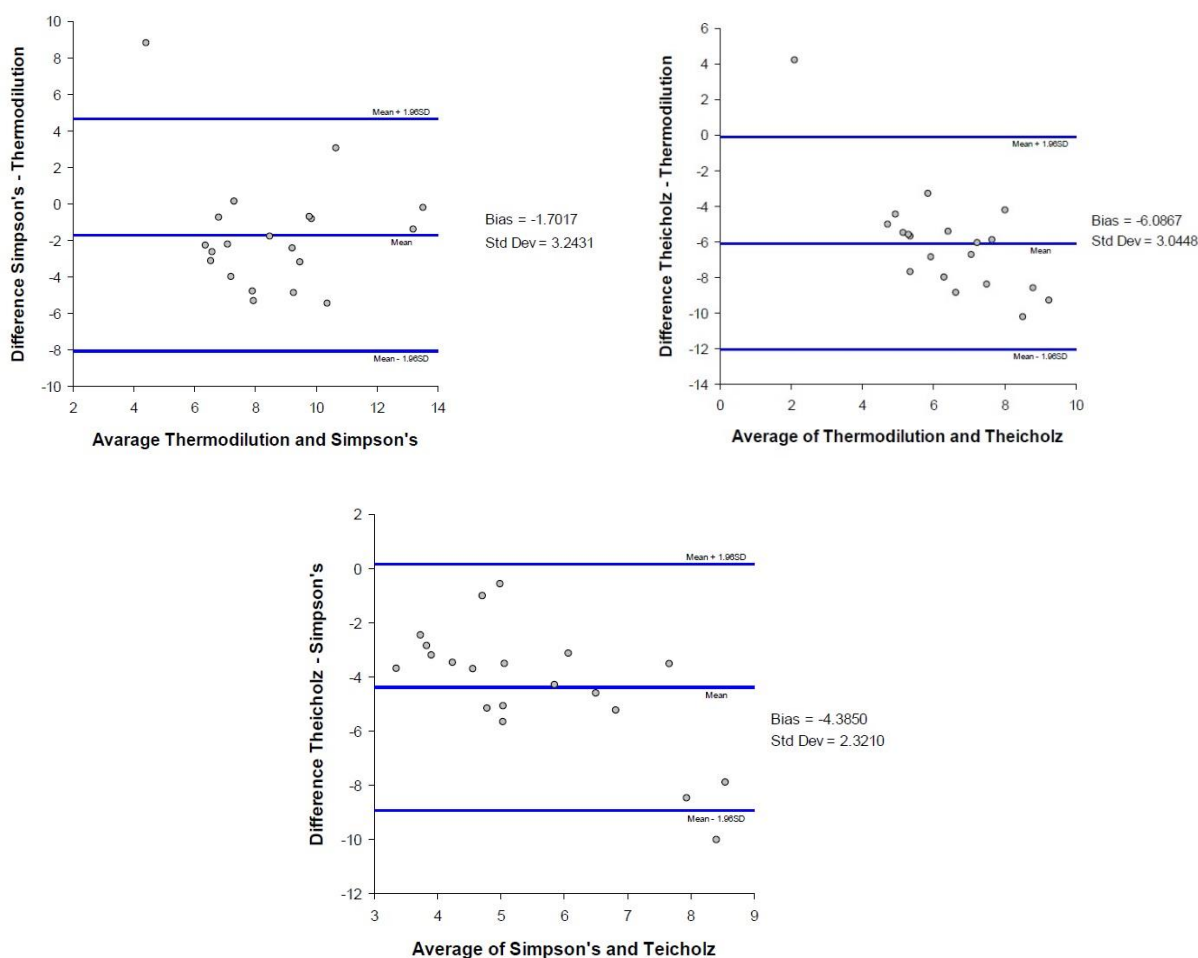


Figura 5. Gráficos de Bland-Altman apresentando as médias e o viés fixo entre as técnicas de Termodiluição X Simpson, Termodiluição X Theicholz e Simpson X Theicholz. Avaliados os dados de 20 amostras (coletadas em quadruplicata de cinco animais), pelos métodos de Termodiluição (com a utilização do cateter de Swan-Ganz posicionado no interior da artéria pulmonar), Simpson Modificado e Theicholz (utilizando a ecocardiografia).

Do mesmo modo, pelo método de regressão linear observou-se não haver propensão dos métodos de Simpson ($p = 0,217$) e Theicholz ($p = 0,954$) em superestimar ou subestimar os valores do DC, obtidos pela Termodiluição. Por outro lado, há tendência do método de Theicholz ($p = 0,061$) em superestimar ou subestimar os valores do DC obtidos pelo método de Simpson quando utilizada à análise de regressão ordinária dos produtos mínimos (ROPM), foi possível observar ausência de viés fixo e presença de viés proporcional na comparação entre as técnicas de Simpson e Theicholz e Termodiluição e Theicholz. Já para a comparação entre os métodos de

Termodiluição e Simpson, pôde-se observar ausência de viés fixo e viés proporcional, implicando na existência de intercambialidade entre os métodos, ou possibilidade de substituição de um método pelo outro (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de regressão ordinária dos produtos mínimos (ROPM) entre os métodos de obtenção do débito cardíaco: Termodiluição X Simpson, Termodiluição X Theicholz e Simpson X Theicholz. Foram avaliados os dados de 20 amostras (coletadas em quadruplicata de cinco animais), pelos métodos de Termodiluição (com a utilização do cateter de Swan-Ganz posicionado no interior da artéria pulmonar), Simpson Modificado e Theicholz (utilizando a ecocardiografia).

Comparação	<i>n</i>	<i>r</i>	<i>a</i>	IC 95%	<i>b</i>	IC 95%	VF	VP
Termodiluição x Simpson	20	0,244	-0,31	-1,09-0,47	0,852	0,072-1,632	NÃO	NÃO
Termodiluição x Theicholz	20	-0,168	-0,233	-0,766-0,3	0,380	-0,152-0,914	NÃO	SIM
Simpson x Theicholz	20	0,422	-0,094	-0,605-0,416	0,446	-0,064-0,957	NÃO	SIM

Tabela apresentando o número de amostras (*n*), o coeficiente de correlação (*r*), (*a*) interceptação LT (no eixo *y*) e (*b*), inclinação. Viés fixo (VF) e viés proporcional (VP).

4. DISCUSSÃO

Avaliar a função tecidual do coração nos permite observar padrões de atividade e movimentação do miocárdio e das câmaras cardíacas, além de habilitar a padronização de valores da função cardíaca e detecção de possíveis alterações. Como citado por Muir (2014), qualquer anormalidade na movimentação da parede ventricular provoca alterações no volume de sangue ejetado, o que altera o débito cardíaco e, conseqüentemente, a atividade orgânica do animal. Assim, a definição de padrões cardíacos para uma determinada espécie é mais do que necessária.

Na cardiologia equina, a padronização das técnicas de imagem e os valores de referência da anatomia e funcionalidade cardíaca foram recentemente definidos, representando a base para o diagnóstico de doenças cardíacas na espécie (Frag e Ibrahim, 2020). No entanto, esses valores ainda não foram totalmente definidos em jumentos, razão pela qual as avaliações cardíacas de animais saudáveis se tornam importantes. Gazi et al. (2015), descrevem que a ecocardiografia é utilizada para fornecer informações médicas importantes a respeito de afecções cardíacas em

animais de companhia, sendo possível também a sua utilização em equinos e asininos.

Em pacientes humanos, Mercado et al. (2017) afirmam que a monitoração do débito cardíaco é valiosa para o diagnóstico e tratamento de pacientes críticos, sendo, por muitos anos, utilizada a técnica de termodiluição pela cateterização da artéria pulmonar, caracterizando a técnica como padrão para a estimação do débito cardíaco. Mesmo com a padronização da termodiluição, Corley et al. (2003) a reconhecem como uma técnica não benéfica devido aos seus riscos associados, sendo relatado por Dias et al., (2015) um caso de aprisionamento do cateter de Swan-Ganz em um equino e, por Schlipf et al. (1994), lesões endoteliais fibrinosas na artéria pulmonar, em átrio e ventrículo direitos, trombos arteriais e arritmias ventriculares devido o contato do cateter com a parede cardíaca de equinos.

Na medicina humana, lesões vegetativas da válvula pulmonar foram relatadas em 4 de 19 pacientes cateterizados, disritmias durante a inserção do cateter registradas em 90 de 116 procedimentos e 2 de 92 pacientes apresentaram septicemia (Elliott et al., 1979; Corley et al., 2003). A ecocardiografia, por outro lado, é um método não invasivo e pode ser aplicada em pacientes que apresentem quadros críticos, sendo recomendada por Cecconi et al. (2014) como a primeira técnica de avaliação do paciente humano com insuficiência circulatória.

Mercado et al. (2017) avaliaram os valores do débito cardíaco de 38 pacientes humanos ventilados mecanicamente, todos com cateter em artéria pulmonar, pelo método da termodiluição. Simultaneamente, foram aferidos os valores dos débitos cardíacos por meio de ferramentas ecocardiográficas. Os autores concluíram que a ecocardiografia é um método acurado e preciso para estimar o DC em pacientes críticos humanos. Suas conclusões vão de encontro com os resultados do presente estudo, mostrando que mesmo se tratando de espécies e situações distintas, a técnica é válida para mensurar o DC, quando comparada a ferramenta padrão, principalmente no que se diz respeito ao método da somatória dos discos (Simpson modificado).

McConachie et al. (2013) compararam diversas ferramentas ecocardiográficas para mensurar o débito cardíaco frente ao método de diluição de lítio em oito equinos adultos e concluíram que entre os métodos eficazes, o Simpson modificado

apresentava melhor concordância e um viés médio, quando comparado à diluição de lítio, subestimando ou superestimando os valores do DC em aproximadamente 1L/min, enquanto outros métodos ecocardiográficos superestimaram os valores de DC em até 7L/min. Do mesmo modo, Corley et al. (2003) afirmam em seu estudo a existência de viés médio entre os métodos ecocardiográficos frente as técnicas invasivas. Informações estas que vão de acordo com as relatadas no presente estudo e que validam as apresentadas por Geerts et al., (2011) os quais relatam a ecocardiografia transtorácica como uma técnica de baixa invasividade, resposta contínua e acurácia moderada para a estimativa do débito cardíaco.

Já quando comparado o método de Teicholz frente a diluição de lítio, McConachie et al, (2013) encontraram pouca concordância entre as técnicas, uma vez que Teicholz subestimou ou superestimou significativamente o DC, valores que chegam a até 8,2L/min, sendo essa má concordância atribuída a alterações geométricas dependentes do formato assumido pelo ventrículo equino, uma vez que a técnica necessita que a câmara cardíaca assuma um formato circular ou elíptico e apresente uma contração uniforme, o que pode não ser aplicável para a espécie. Essas informações vão de encontro com os dados obtidos neste estudo e com as informações de Mar e Bowen (2010), os quais afirmam que a realização de imagens com qualidade diagnóstica é essencial para a aferição precisa dos valores ecocardiográficos, uma vez que estas podem ser afetadas por fatores relacionados ao indivíduo estudado, pela inexperiência do avaliador e, é possível atribuir má concordância de valores devido a premissas geométricas.

Outras limitações do estudo podem incluir a amostra populacional pequena, tornando difícil extrapolar os achados deste estudo para a população alvo e a dificuldade em medir simultaneamente o DC por todos os métodos, informações que corroboram com os achados de McConachie et al, (2013), que afirmam que o débito cardíaco é dinâmico, sofrendo variações de acordo com a frequência cardíaca do paciente, podendo ter a concordância entre os métodos influenciada pela realização de medições em momentos distintos. Limitações essas que foram minimizadas pela tentativa de aferições pelo método da termodiluição imediatamente antes e após a aquisição das imagens ecocardiográficas e pela realização do experimento em um local silencioso e climatizado para minimizar a excitação dos pacientes.

Conforme já descrito no presente trabalho, a ecocardiografia apresenta vantagens além da aferição do DC. Permitindo a detecção de disfunções sistólicas e diastólicas, regurgitação valvular, dilatações de câmaras, anormalidades da parede cardíaca, derrame pericárdico, dentre outros (Brown, 2002).

O método da somatória dos discos apresenta um viés moderado frente a termodiluição, indo de encontro com o relatado por Corley et al. (2003) e McConachie et al., (2013), sendo um método não invasivo viável, confiável e clinicamente acessível para o monitoramento hemodinâmico do paciente equino, apresentando informações imprescindíveis para delinear a conduta clínica mais adequada dos pacientes avaliados.

5. CONCLUSÃO

A ecocardiografia utilizando a ferramenta da somatória dos discos ou Simpson modificado, apresenta estimativa confiável do DC frente ao método da termodiluição, fornecendo uma opção não invasiva e clinicamente acessível para o monitoramento cardíaco de jumentos. Em contrapartida, o método de Teicholz mostrou-se ineficaz para estimativa do DC em jumentos, pois subestima os valores da termodiluição.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida VT, Alves FR (2019) Ultrassonografia Doppler. In: Feliciano MAR, Assis AR, Vicente WRR. **Ultrassonografia em Cães e Gatos**, (1ª ed.) MedVet: São Paulo. cap. 2, p. 20 – 32.

Amory H, Bertrand P, Delvaux V, Sandersen C (2004) Doppler echocardiographic reference values in healthy donkeys. **Veterinary Care of Donkeys**.

Bonagura JB, Muir WW (1991) The cardiovascular system. In: MUIR, W. W.; HUBBEL, J. A. E. (2ª Ed.) **Equine Anesthesia: Monitoring and Emergency Therapy**. St Louis: Mosby Year Book Inc, p. 39 – 104.

Boon JA (2011) **Veterinary echocardiography**. 2. ed. New Jersey: Blackwell Publishing, p. 610.

Brigth JM, Marr CM (2010) Introduction to cardiac anatomy and physiology. In: Marr CM, Bowen M. **Cardiology of the Horse**, 2nd ed. Saunders Elsevier. cap. 1, p. 3 – 19

Brown JM (2002) Use of echocardiography for hemodynamic monitoring. **Critical Care Medicine**, 30:1361 – 1364.

Canola JC, Valadão CAA, Portugal ES, Canola PA (2007) Avaliação ecocardiográfica de equinos pré-medicados com N- butilbrometo de hioscina e sedados com romifidina. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, p. 833-839.

Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, Beale R, Bakker J, Hofer C, et al. (2014) Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. **Intensive Care Med**. 40:1795–815.

Ciampi Q, Villari B (2007) Role of echocardiography in diagnosis and risk stratification in heart failure with left ventricular systolic dysfunction. **Cardiovascular Ultrasound**, v. 5: 34.

Chetboul V, Bussadori C, Madron E (2016) **Clinical Echocardiography of the Dog and Cat**. 1st ed. St. Louis: Elsevier.

Corley KTT, Donaldson LL, Durando MM, Birks EK (2003) Cardiac output technologies with special reference to the horse. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, 17: 262 – 272.

Corley KTT (2001) **Validation of a new method of determining cardiac output in neonatal foals**. Thesis (Master of Science in Veterinary Medical Sciences). Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. Leesburg, Virginia.

Dias DPM, Pereira RN, Canola PA, Coelho CMM, Flores FN, Lopes MCS, Valadão CAA (2015) Entrapment of a Swan-Ganz catheter as a complication of right heart catheterization in a horse. **Veterinary Surgery**, 44, E1-E39.

Drost WT (2019) Física Básica do Ultrassom. In: Thrall, DE (7^a ed.) **Diagnóstico de Radiologia Veterinária**. Guanabara Koogan, p. 38 – 49.

Elliott CG, Zimmerman GA, Clemmer TP (1979) Complications of pulmonary artery catheterization in the care of critically ill patients. **A prospective study**. **Chest**; 76:647 – 652.

Farag AMM, Ibrahim HMM (2020) Reference values and repeatability of B-Mode and M-Mode echocardiographic parameters in healthy donkey (*Equus asinus*) – The guide to assess healthy heart. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 88.

Ganz W, Swan HJC (1972) Measurement of blood flow by thermodilution. **The American Journal of Cardiology**, v. 9, p, 241 – 246.

Gazi MA, Makhdoomi DM, Abbas HY, Parrah JD, Ganai AM, Dar SH, Moulvi BA (2015) Advances of echocardiography in equine practice – A Review. **Journal of Veterinary Science & Technology**, v. 6, n. 3.

Geerts BF, Aarts LP, Jansen JR (2011) Methods in pharmacology: measurement of cardiac output. **British Journal of Clinical Pharmacology**, 71:3, 316 – 330.

Hassan EA, Torad FA (2015) Two-Dimensional and M-Mode echocardiographic measurements in the healthy donkey (*Equus asinus*). **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 35, p. 283 – 289.

- Kriz N, Rose R (2002) Repeatability of standard transthoracic echocardiographic measurements in horses. **Australian Veterinary Journal**, v. 80, p. 362 – 370.
- Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V et al. (2015) Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. **Journal of the American Society of Echocardiography**, v.28, p.1-39.
- Lépiz ML, Keegan RD, Bayly WM, Greene SA, McEwen M (2008) Comparison of Fick and thermodilution cardiac output determinations in standing horses. **Research in Veterinary Science**, v. 85, p. 307 – 314.
- Lightowler CH, Mercado MC, Pajot SM (1996) Valor diagnóstico y pronóstico de los índices ventriculares en las enfermedades cardíacas por fallo de bomba. **Pet's**, v.12, n. 64, p.177-181.
- Linardi RL, Canola JC, Valadão CAA (2008) Cardiovascular assessment in horses sedated with xylazine or amitraz. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, p. 329-334.
- Marr CM, Bowen IM (2010) Cardiology of the horse. In: Marr CM, Patteson M., eds. *Echocardiography*. Philadelphia, PA: Saunders.
- Marcelino P, Fernandes AP, Marum S (2006) Notas actuais sobre a fluidoterapia na sepsis: o papel da ecocardiografia e dos parâmetros dinâmicos. **Medicina Interna**, v. 13, p. 126-132.
- McConachie E, Barton MH, Rapoport G, Giguère S (2013) Doppler and volumetric echocardiographic methods for cardiac output measurement in standing adult horses. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 27, p. 324 – 330.
- Mercado et al. (2017) Transthoracic echocardiography: an accurate and precise method for estimating cardiac output in the critically ill patient. **Critical Care**, 21:136
- Meyer-Wittkopf M, Cole A, Cooper SG, Schmidt S, Sholler GF (2001) Three-dimensional quantitative echocardiographic assessment of ventricular volume in healthy human fetuses and in fetuses with congenital heart disease. **J Ultrasound Med**, v. 20, n. 4, p. 317 – 327.
- Muir WW (2014) Sistema cardiovascular. In: TRANQUILLI, W. J.; THURMON, J. C.; GRIMM, K. A. **LUMB & JONES: Anestesiologia e Analgesia Veterinária**, 4. ed. Roca: São Paulo. cap. 4, p. 69 – 130.
- Muir WW, Skarda RT, Milne DW (1976) Estimation of cardiac output in the horse by thermodilution techniques. **American Journal of Veterinary Research**, v. 37, n. 6, p. 697-700.
- Nepomuceno AC, Avante ML (2019) Ultrassonografia. In: Feliciano MAR, Assis AR, Vicente WRR. **Ultrassonografia em Cães e Gatos**, (1ª ed.) MedVet: São Paulo. cap. 1, p. 3 – 19.
- Nishikawa T, Dohi S (1993) Erros in the measurement of cardiac output by thermodilution. **Canadian Journal of Anaesthesia**, v.40, n.2, p. 142 – 153.

Perotta JH (2009) **Efeitos clínicos e comportamentais da injeção de medetomidina em equinos pré-medicados com hioscina**. Dissertação (Mestrado em Cirurgia Veterinária) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

Reef VB (1985) Evaluation of the Equine Cardiovascular System. **Veterinary Clinics of North America: Equine Practice**, v. 1, p. 275 – 288.

Schlipf JW, Dunlop CI, Getzy DM, et al. (1994) Lesion associated with cardiac catheterization and thermodilution cardiac output determination in horses. **5th International Congress of Veterinary Anesthesia**, Guelph, ON, Canada.

Schmidt KG, Silverman NH, Hoffman JI (1995) Determination of ventricular volumes in human fetal hearts by two-dimensional echocardiography. **Am J Cardiol**, v. 76, n. 17, p. 1313 – 1316.

Shih A (2013) Cardiac output monitoring in horses. **Vet Clin Equine**, v. 29, p. 155 – 167.

Simioni C, Júnior EA, Martins WP, Rolo LC, Rocha LA, Nardoza LMM, Moron AF (2012) Débito cardíaco e fração de ejeção fetal por meio do spatio-temporal image correlation (STIC): comparação entre fetos masculinos e femininos. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 27, n. 2, p. 275 – 282.

Sousa PR, Mendes TG, Carvalho ROA (2019) Métodos ecodopplercardiográficos para a avaliação da função sistólica do ventrículo esquerdo em cães. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.16, n.29. p. 1055 – 1072.

Toni MC (2014) **Ecodopplercardiografia em equinos submetidos à obstrução de cólon descendente**. Tese (doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CAPÍTULO 3 – Ecocardiografia por Doppler Tecidual em Jumentos Nordestinos (*Equus asinus*): Valores e Limitações

RESUMO – Pelo presente foram apresentados valores basais da funcionalidade do ventrículo esquerdo dos Jumentos Nordestinos (*Equus asinus*) determinados por meio do doppler tecidual, como se segue: velocidade de contração isovolumétrica (MS'I) = $0,097 \text{ m/s} \pm 0,011$; velocidade de relaxamento inicial (ME'I) = $-0,135 \text{ m/s} \pm 0,007$; velocidade de relaxamento final (MA'I) = $-0,093 \text{ m/s} \pm 0,019$; tempo de relaxamento (E'A'I) = $1,52 \pm 0,32$; tempo de duração do relaxamento isovolumétrico (IVRT) = $108,85 \text{ ms} \pm 9,85$; tempo de duração da contração isovolumétrico (IVCT) = $181,13 \text{ ms} \pm 36,56$, tempo de contração (CT) = $267,6 \text{ ms} \pm 22,5$ e índice de desempenho do miocárdio (IPM) = $1,08 \pm 0,15$.

Palavras-chave: asininos, ecocardiografia, doppler tecidual, função ventricular

1. INTRODUÇÃO

A função do sistema cardiovascular pode ser exemplificada pelo transporte e distribuição de oxigênio, nutrientes, hormônios, glóbulos brancos, plaquetas e eletrólitos para os tecidos e pela remoção de dióxido de carbono e outros resíduos metabólicos, a fim de manter a homeostase (Riedsel e Engen, 2015). O componente básico desse sistema é o coração, atuando como uma bomba e distribuindo o sangue por todo o corpo (Muir, 2014).

Embora o princípio seja simples, esse sistema deve ter a capacidade de alterar rapidamente a perfusão do sangue para os órgãos. Em repouso, não requer um fluxo sanguíneo intenso, mas quando o exercício começa, um rápido aumento na demanda de oxigênio e glicose é necessário. Devido a essa mudança, o fluxo sanguíneo total (débito cardíaco) e sua distribuição no corpo devem se reajustar prontamente para atender à nova demanda (Riedsel e Engen, 2015).

Em humanos, a velocidade do sangue ejetado pelo ventrículo esquerdo (VE) varia de 1 a 1,5 m/s. Na presença de anormalidades de movimento da parede

ventricular, seja por isquemia, arritmia cardíaca, inflamação miocárdica, lesões tumorais ou derrame pericárdico, o volume de sangue ejetado (volume sistólico) acaba sofrendo alterações. Essas variações no volume sistólico afetam diretamente os valores do débito cardíaco (Muir, 2014).

A ecocardiografia é um método diagnóstico dinâmico, não invasivo, que permite avaliar a funcionalidade do coração. Concomitantemente ao reconhecimento da anatomia ecocardiográfica normal, é possível realizar a identificação e interpretação de quaisquer alterações estruturais e funcionais, se presentes (Zucca et al., 2008). É um método sensível, que permite a aquisição imediata de diversas variáveis hemodinâmicas que fornecem informações críticas sobre o estado do paciente (Toni, 2014).

A ecocardiografia por doppler tecidual utiliza os princípios do Doppler para medir a velocidade do movimento miocárdico, detectando variações na frequência dos sinais de ultrassom, refletidos pelo movimento do objeto em estudo. Assim, avaliando a velocidade do fluxo sanguíneo, quantificando os sinais de maior amplitude e menor velocidade de movimento do tecido miocárdico (Ho e Solomon, 2006). As medidas feitas por esse método avaliam prováveis falhas no bombeamento do sangue por meio da visualização da função ventricular (Canola et al., 2007), medindo também as velocidades máximas do miocárdio por meio da avaliação do movimento ventricular no longo eixo (Vinereanu et al, 1999)

A velocidade sistólica miocárdica está correlacionada com as medidas da fração de ejeção do ventrículo esquerdo (Galiuto et al., 1998) e é possível detectar uma redução de sua velocidade em até 15 segundos após o início do quadro de isquemia em humanos (Edvardsen et al., 2001) e correlacionar anormalidades através do movimento da parede cardíaca (Marwick et al., 2004). Em cavalos afetados por sepse, a velocidade de ejeção diminui, predizendo o comprometimento da função sistólica devido à condição (Toni, 2014).

A avaliação da função diastólica do VE é baseada no uso de padrões doppler e fluxo mitral. O gradiente de pressão entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo é avaliado e está diretamente relacionado à pré-carga e inversamente relacionado ao relaxamento ventricular (Ho e Solomon, 2006), sendo possível observar o aumento da

velocidade durante a diástole final após 48 horas da apresentação de obstrução intestinal em equinos, e a diminuição da relação entre a velocidade da diástole inicial e a diástole final (Toni, 2014).

Embora jumentos e equinos pertençam à mesma família, não é apropriado usar valores encontrados em cavalos para prever o padrão normal das dimensões cardíacas em jumentos (Hassan e Torad, 2015). Os dados ecocardiográficos publicados para asininos são muito escassos, limitando assim o valor diagnóstico e prognóstico nestes animais (Amory et al., 2004). Nesse sentido, um melhor entendimento das variáveis e da funcionalidade cardíaca desses animais seria benéfico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a obtenção das imagens por Doppler Tecidual, o transdutor ultrassonográfico foi posicionado no eixo curto paraesternal direito, ao nível das cordoalhas tendíneas, para visualização da parede livre do ventrículo esquerdo (Figura 1), conforme anteriormente descrito (Toni et al., 2014). As mensurações para a avaliação da função miocárdica foram: velocidade de contração isovolumétrica (MS'); velocidade de relaxamento inicial (ME'); velocidade de relaxamento final (MA'); tempo de duração de contração isovolumétrica (IVCT); tempo de duração de relaxamento isovolumétrico (IVRT) e tempo de contração (CT). O índice de desempenho do miocárdio (IPM) foi determinado pela equação: $IPM = IVCT + IVRT/CT$ (Boon, 2011).

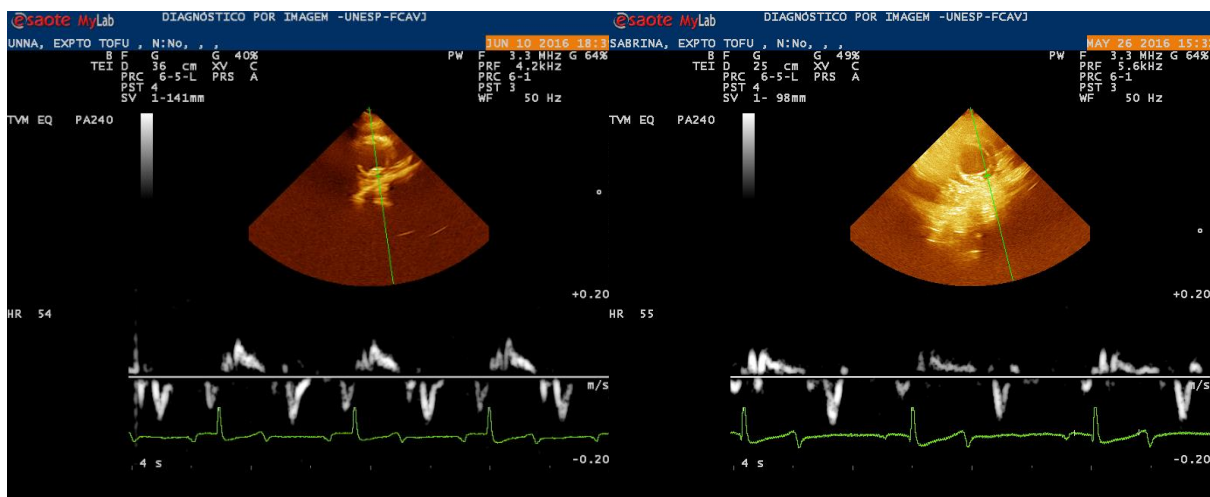


Figura 1. Imagens ecocardiográficas com a função Doppler Tecidual para a visualização da parede livre do ventrículo esquerdo e avaliação da função miocárdica de Jumento Nordestinos (*Equus asinus*).

3. RESULTADOS

Durante a prospecção do estudo apresentado, foram coletadas em conjunto, dados da funcionalidade cardiovascular com o doppler tecidual, com o intuito de prover valores basais para a espécie (Tabela 1). Podendo ser observado os valores de todas as vinte amostras coletadas e a média juntamente com o desvio padrão para cada uma das mensurações.

Tabela 1. Valores basais da função ventricular esquerda em jumentos nordestinos, por meio do doppler tecidual. Foram avaliados os dados de 20 amostras (coletadas em quadruplicata de cinco animais).

ANIMAIS/ VALORES	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	$\bar{X} \pm DP$
MS'I (m/s)	0,09	0,11	0,11	0,10	0,08	0,097±0,011
ME'I (m/s)	-0,14	-0,14	-0,13	-0,14	-0,13	-0,135±0,007
MA'I (m/s)	-0,1	-0,11	-0,11	-0,09	-0,06	-0,093±0,019
E'A'I	1,49	1,26	1,27	1,54	2,07	1,52±0,32
IVRT (ms)	124,4	99,5	105,7	102,6	111,9	108,85±9,85
IVCT (ms)	242,7	164,7	147,3	169	182	181,13±36,56
CT (ms)	271,1	244,9	271,1	249,3	301,7	267,62±22,58
IPM	1,34	1,08	0,95	1,09	0,97	1,08±0,15

Valores expressos por animal, juntamente com a média (\bar{X}) e o desvio padrão (DP).

4. DISCUSSÃO

Koenig et al. (2017) estudaram 30 cavalos saudáveis por meio do exame Doppler Tecidual de onda pulsada e alcançaram os seguintes valores: $MS' = 0,09 \text{ m/s} \pm 0,027$; $ME' = 0,08 \text{ m/s} \pm 0,024$; $MA' = 0,12 \text{ m/s} \pm 0,031$; $E'/A' = 3,1 \pm 0,77$; $IVRT = 52 \text{ ms} \pm 14,5$; $IVCT = 87 \text{ ms} \pm 12,3$; $ET = 421 \text{ ms} \pm 24,7$; $IMP = 0,33 \pm 0,05$. Esses valores, quando comparados aos de jumentos, demonstram a diferença entre a funcionalidade e morfologia do coração entre as espécies, predizendo que a função diastólica do jumento tem velocidades de contração menores, além de apresentar menor velocidade no tempo de ejeção. Estes achados corroboram Hassan e Torad (2015), os quais enfatizam que, apesar de cavalos e jumentos pertencerem à mesma família, não se deve usar valores definidos de uma espécie para prever o padrão das dimensões cardíacas da outra.

Estudos com DT são implementados em humanos para avaliar a estimativa das pressões de enchimento do VE, diferenciar a fisiologia a constritiva da restritiva, diagnosticar precocemente doenças genéticas, diferenciar o coração do atleta do coração com cardiomiopatia hipertrófica, avaliar dessincronia cardíaca e função ventricular direita, entre outros (Ho e Solomon 2006). Embora a técnica de DT possua limitações, devido a necessidade do alinhamento preciso entre o feixe do Doppler e a imagem, a fim de não subestimar o resultado e, com isso, não possibilitar a avaliação apropriada de todas as porções do músculo cardíaco, é uma técnica ainda válida por permitir melhor caracterização do grau de movimentação do músculo cardíaco, principalmente na fase de relaxamento (Almeida e Alves, 2019). Além disso, com estudos básicos, como o aqui apresentado, a possibilidade de aprofundamento de estudos cardiológicos em jumentos é potencialmente ampliada, tornando a definição de valores de referência para a espécie importante.

5. CONCLUSÃO

Os valores de DT apresentados neste estudo permitem prospectar novos estudos para avaliar a normalidade cardíaca e definir características presentes em determinadas doenças e alterações cardiovasculares em jumentos nordestinos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida VT, Alves FR (2019) Ultrassonografia Doppler. In: Feliciano MAR, Assis AR, Vicente WRR. **Ultrassonografia em Cães e Gatos**, (1ª ed.) MedVet: São Paulo. cap. 2, p. 20 – 32.

Amory H, Bertrand P, Delvaux V, Sandersen C (2004) Doppler echocardiographic reference values in healthy donkeys. **Veterinary Care of Donkeys**.

Boon JA (2011) **Veterinary echocardiography**. 2. ed. New Jersey: Blackwell Publishing, p. 610.

Canola JC, Valadão CAA, Portugal ES, Canola PA (2007) Avaliação ecocardiográfica de equinos pré-medicados com N- butilbrometo de hioscina e sedados com romifidina. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, p. 833-839.

Edvardsen T, Skulstad H, Aakhus S, Urheim S, Ihlen H (2001) Regional myocardial systolic function during acute myocardial ischemia assessed by strain Doppler echocardiography. **J Am Coll Cardiol**. 37:726 –730.

Galiuto L, Ignone G, DeMaria NA (1998) Contraction and relaxation velocities of the normal left ventricle using pulsed-wave tissue Doppler echocardiography. **Am J Cardiol**. 81:609–614.

Hassan EA, Torad FA (2015) Two-Dimensional and M-Mode echocardiographic measurements in the healthy donkey (*Equus asinus*). **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 35, p. 283 – 289.

Ho CY, Solomon SD (2006) A clinician's guide to tissue doppler imaging. **Circulation AHA**, 113:e396-e398.

Marwick TH, Case C, Leano R, Short L, Baglin T, Cain P, Garrahy P (2004) Use of tissue Doppler imaging to facilitate the prediction of events in patients with abnormal left ventricular function by dobutamine echocardiography. **Am J Cardiol**. 93:142–146.

Muir WW (2014) Sistema cardiovascular. In: TRANQUILLI, W. J.; THURMON, J. C.; GRIMM, K. A. **LUMB & JONES: Anestesiologia e Analgesia Veterinária**, 4. ed. Roca: São Paulo. cap. 4, p. 69 – 130.

Koenig TR, Mitchell KJ, Schwarzwald CC (2017) Echocardiographic assessment of left ventricular function in healthy horses and in horses with heart disease using pulsed-wave tissue doppler imaging. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, 31:556-567.

Riedesel DH, Engen RL (2015) The heart and vasculature: Gross structure and basic properties. In: REECE, W. O.; ERICKSON, H. H.; GOFF, J. P.; UEMURA, E. E. **Duke's Physiology of Domestic Animals**, 13 ed. Wiley Blackwell: Ames, Iowa, USA. cap. 30, p. 287 – 305.

Toni MC (2014) **Ecodopplercardiografia em equinos submetidos à obstrução de cólon descendente**. Tese (doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

Vinereanu D, Khokhar A, Fraser AG (1999) Reproducibility of pulsed wave tissue Doppler echocardiography. **J Am Soc Echocardiogr**, 12:492-499.

Zucca E, Ferrucci F, Croci C, Di Fabio V, Zaninelli M, Ferro E (2008) Echocardiographic measurements of cardiac dimensions in normal Standardbred racehorses. **Journal of Veterinary Cardiology**, v. 10, p. 45 – 51.