

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE MEDICINA
VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**A UTILIZAÇÃO DA ELASTOGRAFIA COMO FERRAMENTA
DIAGNÓSTICA NA MEDICINA VETERINÁRIA: UMA REVISÃO
ATUALIZADA**

GIORDANO ZOEGA MARTINS FONSECA

Botucatu

2026

GIORDANO ZOEGA MARTINS FONSECA

**A UTILIZAÇÃO DA ELASTOGRAFIA COMO FERRAMENTA
DIAGNÓSTICA NA MEDICINA VETERINÁRIA: UMA REVISÃO
ATUALIZADA**

Trabalho de Conclusão da Residência em Medicina Veterinária
apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP,
para obtenção do título de Residente em Medicina Veterinária.

Área de Radiologia Veterinária
Preceptora: Profª Vânia Maria de Vasconcelos Machado

Botucatu

2026

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Fonseca, Giordano Zoega Martins.

A utilização da elastografia como ferramenta diagnóstica na medicina veterinária : uma revisão atualizada / Giordano Zoega Martins Fonseca. - Botucatu, 2025.

20 p.

Trabalho acadêmico (Residência em Medicina Veterinária)
- Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de
Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Preceptora: Vania Maria de Vasconcelos Machado

1. Ultrassonografia veterinária. 2. Técnicas de imagem por elasticidade. 3. Tecidos (Anatomia e fisiologia). 4. Veterinária de pequenos animais. I. Título.

GIORDANO ZOEGA MARTINS FONSECA

**A UTILIZAÇÃO DA ELASTOGRAFIA COMO FERRAMENTA
DIAGNÓSTICA NA MEDICINA VETERINÁRIA: UMA REVISÃO
ATUALIZADA**

Trabalho de Conclusão de Residência apresentado à
Universidade Estadual (UNESP), Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia, Botucatu, como parte das exigências
para a obtenção do título de Residente em Medicina veterinária

Data da defesa: 23/02/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a Vânia Maria de Vasconcelos Machado
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

MV. Lais Melicio Cintra Bueno
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

MV. Alessandra Moraes
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

FONSECA, GIORDANO ZOEGA MARTINS. *A utilização da elastografia como ferramenta diagnóstica na medicina veterinária: uma revisão atualizada*. Botucatu, 2025. 21 p. Trabalho de Conclusão da Residência em Medicina Veterinária (área de Radiologia Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

A elastografia é uma técnica de imagem complementar à ultrassonografia convencional que avalia as propriedades mecânicas dos tecidos, especialmente a rigidez, possibilitando a detecção precoce de alterações estruturais antes do aparecimento de mudanças morfológicas. Na medicina veterinária, sua aplicação tem aumentado com a adaptação de métodos consolidados na medicina humana. Entre as modalidades disponíveis, destacam-se a elastografia por compressão, a elastografia transitória e a elastografia por onda de cisalhamento, sendo a modalidade bidimensional (2D-SWE) considerada a mais promissora devido à sua reprodutibilidade, quantificação objetiva e maior área de mapeamento da rigidez tecidual. Apesar dos avanços, a aplicação clínica da elastografia em pequenos animais ainda é limitada pela escassez de estudos padronizados, variações metodológicas entre equipamentos e influência de fatores fisiológicos, anatômicos e técnicos. Em cães e gatos, a ausência de consenso dificulta o estabelecimento de valores de referência e a interpretação dos resultados. Assim, esta revisão visa reunir e analisar criticamente as evidências disponíveis, destacando limitações, necessidades de padronização e o potencial clínico da elastografia como ferramenta diagnóstica não invasiva.

Palavras-chave: Não invasivo; ultrassonografia; onda de cisalhamento; rigidez tecidual.

FONSECA, GIORDANO ZOEGA MARTINS. *The use of elastography as a diagnostic tool in veterinary medicine: an updated review*. Botucatu, 2025. 21 p. Trabalho de Conclusão da Residência em Medicina Veterinária (área de Radiologia Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

ABSTRACT

Elastography is an imaging technique complementary to conventional ultrasonography that evaluates the mechanical properties of tissues, particularly stiffness, enabling the early detection of structural alterations before morphological changes become apparent. In veterinary medicine, its application has increased through the adaptation of methods already well established in human medicine. Among the available modalities, strain elastography, transient elastography, and shear wave elastography stand out, with the bidimensional modality (two-dimensional shear wave elastography, 2D-SWE) being considered the most promising due to its reproducibility, objective quantification, and larger spatial mapping of tissue stiffness. Despite technological advances, the clinical application of elastography in small animals remains limited by the scarcity of standardized studies, methodological variability among equipment, and the influence of physiological, anatomical, and technical factors. In dogs and cats, the lack of consensus hampers the establishment of reference values and the interpretation of results. Therefore, this literature review aims to compile and critically analyze the available evidence, highlighting current limitations, the need for standardization, and the clinical potential of elastography as a noninvasive diagnostic tool.

Keywords: Non-invasive; ultrasonography; shear wave; tissue stiffness.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1	Elastografia	9
2.2	Elastografia Transitória	11
2.3	Elastografia por onda de cisalhamento pontual (<i>point Shear Wave Elastography – pSWE</i>)	13
2.4	Elastografia por onda de cisalhamento bidimensional (2D-SWE)	16
3.	CONCLUSÃO	19
	REFERÊNCIAS	20

1. INTRODUÇÃO

A avaliação das propriedades mecânicas dos tecidos sempre desempenhou papel central no diagnóstico clínico, inicialmente por meio da palpação, utilizada para identificar alterações de consistência associadas a processos patológicos. No entanto, esse método apresenta limitações importantes, especialmente na detecção de lesões pequenas ou localizadas em regiões profundas. O avanço das técnicas de diagnóstico por imagem ocorreu justamente para superar tais restrições, possibilitando a análise de características estruturais que não podem ser acessadas apenas pelo exame físico (KONOFAGOU, 2004; FIGUEIRA et al., 2015).

A rigidez tecidual, determinada por sua composição e organização estrutural, é frequentemente alterada em condições patológicas. Contudo, diferenças mecânicas nem sempre se correlacionam com a ecogenicidade observada na ultrassonografia convencional, o que pode dificultar a identificação de determinadas lesões. Situações como tumores pequenos ou alterações difusas em estágio inicial evidenciam essa limitação (KONOFAGOU, 2004; FIGUEIRA et al., 2015).

Nesse contexto, a elastografia surgiu como técnica promissora ao permitir a avaliação não invasiva da rigidez dos tecidos, complementando a ultrassonografia tradicional. A integração dessas modalidades fornece simultaneamente informações acústicas e mecânicas, ampliando a capacidade diagnóstica em diversas enfermidades. Diante de seu crescente uso na medicina veterinária, torna-se fundamental compreender seus fundamentos e aplicações. Assim, este trabalho apresenta uma revisão da literatura sobre a elastografia, destacando seus princípios físicos, potencial clínico e relevância como ferramenta emergente no diagnóstico por imagem (O'BRIEN; HOLMES, 2007; FIGUEIRA et al., 2015).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Elastografia

A elastografia constitui uma ferramenta moderna de diagnóstico por imagem destinada à avaliação não invasiva das propriedades mecânicas dos tecidos, especialmente com relação a rigidez e elasticidade. Fundamenta-se no conceito físico de que tecidos submetidos a estresse mecânico respondem de modo proporcional ao seu grau de deformação, relação descrita pelo módulo de Young. Em condições patológicas como fibrose, congestão, inflamação ou infiltração gordurosa, o tecido torna-se biomecanicamente alterado, exibindo menor deformação ou transmitindo ondas de cisalhamento com maior velocidade, princípio amplamente discutido nas bases físico-matemáticas da elastografia (KONOFAGOU, 2004).

A inovação da técnica decorre da possibilidade de quantificar a rigidez tecidual de maneira objetiva, servindo como extensão instrumental da palpação clínica tradicional. Nas modalidades ultrassonográficas, a elastografia avalia a propagação de ondas de cisalhamento induzidas por forças mecânicas ou acústicas, transformando a velocidade dessas ondas ou o módulo elástico derivado em medidas quantitativas da rigidez. Dessa forma, alterações funcionais podem ser identificadas antes mesmo que modificações sejam detectáveis no modo B convencional (CUI et al., 2022).

Na medicina veterinária, a incorporação da elastografia vem crescendo nos últimos anos, impulsionada por evidências experimentais e clínicas que demonstram sua viabilidade e utilidade para aplicação em pequenos animais. Estudos indicam que medidas de rigidez obtidas por técnicas elastográficas correlacionam-se com graus

de fibrose hepática em modelos experimentais, reforçando seu potencial como ferramenta auxiliar no estadiamento de hepatopatias. Além disso, pesquisas em cães e gatos hígidos revelam elevada reprodutibilidade das mensurações quando protocolos padronizados são empregados, mesmo sem necessidade de anestesia em felinos, o que amplia sua aplicabilidade na prática clínica (TAMURA et al., 2019b; KIM et al., 2020).

A elastografia apresenta vantagens relevantes para a rotina diagnóstica, incluindo caráter não invasivo, ausência de radiação ionizante, possibilidade de repetição seriada e geração de valores numéricos que permitem monitoramento longitudinal das alterações teciduais. Documentos técnicos e revisões científicas destacam ainda que a elastografia confere maior sensibilidade biomecânica aos exames ultrassonográficos, funcionando como complemento funcional ao modo B (CARVALHO et al., 2015).

Entretanto, a técnica não está isenta de limitações. Diversos fatores podem interferir nas mensurações, destacando-se profundidade da região de interesse, pressão exercida pelo transdutor, janela acústica, fase respiratória, tipo de equipamento e características do paciente, como obesidade ou presença de líquido livre. Além disso, alguns fatores confundidores já foram bem estabelecidos, como nos casos das doenças hepáticas, cujo processos não fibróticos, como inflamação aguda, colestase, elevação transitória de enzimas hepáticas ou congestão venosa, também podem aumentar artificialmente a rigidez. Tais aspectos são amplamente abordados nos consensos técnicos internacionais e devem ser considerados na interpretação dos resultados (BARR et al., 2020).

A elastografia pode ser realizada por dois principais modos técnicos, diferenciados pelo mecanismo utilizado para avaliar a rigidez tecidual: a elastografia por deformação ou compressão, que estima a elasticidade a partir da resposta mecânica do tecido a uma

força aplicada, e a elastografia baseada na propagação de ondas de cisalhamento, que quantifica a rigidez por meio da velocidade dessas ondas no parênquima avaliado (CONSTANTINESCU et al., 2020).

2.2 Elastografia Transitória

A elastografia transitória (TE), comercialmente conhecida como FibroScan®, foi uma das primeiras modalidades de sonoelastografia a ser amplamente utilizada na medicina humana para mensuração não invasiva da rigidez hepática. Sua aplicação baseia-se na emissão de um impulso mecânico de baixa frequência na superfície corporal, capaz de gerar ondas de cisalhamento que se propagam através do parênquima hepático. A velocidade dessa propagação, medida por pulsos ultrassonográficos unidimensionais, é convertida em valores de rigidez expressos em quilopascals (kPa), assumindo-se que tecidos mais rígidos, como aqueles afetados por fibrose, transmitem ondas de forma mais rápida (DE LÉDINGHEN; VERGNIOL, 2008; RIVERO-JUÁREZ et al., 2012). Esse princípio físico permitiu que a TE emergisse como alternativa consolidada à biópsia hepática em diversas doenças crônicas em humanos, especialmente diante da sua boa acurácia para detectar estágios intermediários e avançados de fibrose (CASTÉRA et al., 2005; FERRAIOLI et al., 2024).

Entre as principais vantagens da TE destacam-se sua rapidez, com exames geralmente concluídos em poucos minutos, a boa tolerabilidade, a natureza completamente não invasiva e a reprodutibilidade quando protocolos adequados são aplicados (FIGUEIRA et al., 2015). A padronização universal do resultado em kPa facilita comparações entre estudos e permite o monitoramento seriado de pacientes, o que é particularmente útil em doenças de evolução lenta ou progressiva. Além da rigidez hepática, o equipamento também pode calcular o *Controlled Attenuation*

Parameter (CAP), índice relacionado à atenuação ultrassonográfica que auxilia na identificação e graduação da esteatose hepática, ampliando o valor clínico da técnica (ONO et al., 2020).

Apesar dos benefícios, a TE apresenta limitações tecnológicas que impactam sua aplicabilidade em animais. Uma das restrições mais relevantes é a ausência de imagem em modo B concomitante à aquisição das medidas, o que impede a visualização anatômica em tempo real e limita a capacidade de direcionar a região exata de amostragem. Essa característica reduz a precisão em casos de alterações focais ou heterogeneidade parenquimatosa, constituindo desvantagem importante frente às modalidades de elastografia baseadas em imagem (KONOFAGOU, 2004; FIGUEIRA et al., 2015). Obstáculos relacionados às características do paciente também influenciam o desempenho: obesidade, espessura aumentada do tecido subcutâneo e a presença de ascite dificultam a transmissão do impulso mecânico, reduzindo a taxa de sucesso do exame, achado consistente tanto em humanos quanto em cães e bovinos (ONO et al., 2020).

Embora a TE tenha sua aplicabilidade bem estabelecida na medicina humana, sua incorporação à prática veterinária ainda é emergente. Estudos pioneiros conduzidos em cães demonstraram que o método é tecnicamente viável e apresenta boa reprodutibilidade quando se utilizam janelas intercostais apropriadas e sondas compatíveis com o porte dos animais, reforçando a importância da padronização dos protocolos (FIGUEIRA et al., 2015). Em modelos experimentais, observou-se correlação positiva entre os valores de rigidez hepática obtidos pela TE e os graus de fibrose induzida, evidenciando seu potencial como ferramenta de acompanhamento de hepatopatias crônicas. Em bovinos, (ONO et al., 2020) documentaram com sucesso a mensuração da rigidez hepática e do CAP, demonstrando boa reprodutibilidade intra e interobservador, ainda que fatores como espessura do subcutâneo tenham reduzido a taxa de

obtenção de medidas válidas, achado compatível com observações prévias em humanos.

Apesar de tais avanços, a experiência clínica com TE em animais permanece limitada, em grande parte devido à ausência de padronização robusta, à variabilidade entre equipamentos e à necessidade de estudos comparativos com histopatologia em populações espontaneamente doentes. Revisões recentes apontam que os achados experimentais são promissores, mas insuficientes para a adoção ampla da técnica no contexto clínico veterinário (FIGUEIRA et al., 2015).

2.3 Elastografia por onda de cisalhamento pontual (*point Shear Wave Elastography – pSWE*)

A elastografia por onda de cisalhamento (Shear Wave Elastography – SWE) é uma técnica quantitativa relativamente recente que integra princípios da ultrassonografia convencional e da elastografia transitória, permitindo a avaliação objetiva da rigidez tecidual (SILVA et al., 2020). Seu fundamento consiste na aplicação de um impulso de força acústica (*Acoustic Radiation Force Impulse – ARFI*), podendo ser executada em dois formatos: pontual, mediante a avaliação de um único ponto com volume aproximado de 1 cm³ (*point Shear Wave Elastography – pSWE*), ou bidimensional, por meio de múltiplas linhas de ARFI que permitem a construção de mapas quantitativos colorimétricos da elasticidade tecidual (*Two-Dimensional Shear Wave Elastography – 2D-SWE*) (FERRAIOLI et al., 2024).

Na pSWE, o operador seleciona previamente a região de interesse (ROI), sobre a qual é aplicado o impulso acústico. Diferentemente da elastografia transitória, a técnica não utiliza estímulos vibratórios externos, pois a força acústica gera ondas de cisalhamento que se propagam perpendicularmente ao plano de

excitação, permitindo a mensuração direta da velocidade dessas ondas (TAMURA et al., 2019a; CONSTANTINESCU et al., 2020; SILVA et al., 2020). A integração da pSWE aos aparelhos convencionais de ultrassonografia possibilita a avaliação simultânea morfológica e vascular pelos modos B e Doppler, representando uma vantagem relevante em relação a outras modalidades elastográficas (TAMURA et al., 2019a; SILVA et al., 2020).

A SWE é amplamente utilizada na medicina humana há cerca de uma década, alguns estudos têm introduzido sua aplicação também na medicina veterinária (BARR et al., 2020). Diretrizes internacionais já foram publicadas descrevendo sua aplicação em múltiplos órgãos em humanos, incluindo fígado, mama, próstata, tireoide, pâncreas, rins, baço, linfonodos, sistema musculoesquelético, trato gastrointestinal e sistema vascular. Apesar da heterogeneidade de resultados em alguns contextos, há consenso quanto à sua utilidade no estadiamento da fibrose hepática e no auxílio à avaliação de lesões suspeitas de neoplasia, especialmente para orientar biópsias direcionadas (BARR et al., 2020; CONSTANTINESCU et al., 2020; FERRAIOLI et al., 2024). Na medicina veterinária, o fígado de cães constitui o órgão mais investigado até o momento.

A mensuração em tempo real da rigidez hepática é uma das principais vantagens da pSWE, cuja precisão é considerada comparável à da elastografia transitória para o estadiamento de fibrose hepática em humanos (CHAROENCHUE et al., 2024). Além disso, a técnica apresenta boa reprodutibilidade e baixa variabilidade interobservador (PARK et al., 2021). Entretanto, sua sensibilidade reduzida para detectar fibrose em estágios iniciais limita a acurácia diagnóstica, motivo pelo qual a *World Federation for Ultrasound in Medicine and Biology* (WFUMB) recomenda seu uso principalmente para descartar fibrose avançada ou indicar a necessidade de investigação adicional (CONSTANTINESCU et al., 2020).

A WFUMB também estabelece recomendações técnicas para a realização das medições da velocidade da onda de cisalhamento (shear wave velocity – SWV), incluindo posicionamento adequado do paciente, escolha criteriosa da ROI, profundidade de aquisição e obtenção de múltiplas medidas válidas, utilizando a razão entre o intervalo interquartil e a mediana (IQR/M) como critério de qualidade: medidas em quilopascas são consideradas confiáveis quando apresentam $IQR/M \leq 30\%$, enquanto valores em metros por segundo são mais precisos quando $IQR/M \leq 15\%$ (FERRAIOLI et al., 2018, 2024). Apesar disso, ainda existem divergências nos valores de referência na medicina humana, atribuídas principalmente às diferenças entre equipamentos, embora o consenso indique que essa variabilidade seja inferior à sobreposição natural entre os estágios de fibrose (BARR et al., 2020)

Na medicina veterinária, a ausência de padronização formal leva os estudos a adaptarem as diretrizes humanas. Em cães, pesquisas demonstraram aumento significativo da SWV hepática em animais com fibrose, embora cães sem fibrose clinicamente evidente apresentem valores semelhantes aos de normalidade (TAMURA et al., 2019a). Fatores como anestesia geral, local de medição e abordagem intercostal mostraram influência relevante nas mensurações, enquanto o estado de vigília e o peso corporal não apresentaram impacto significativo. Em felinos, os estudos são mais escassos; contudo, valores de referência preliminares para pSWE e 2D-SWE indicam boa concordância interobservador e ausência de influência significativa da idade, peso ou escore de condição corporal, embora o lobo hepático esquerdo apresente maior rigidez que o direito (KIM et al., 2020; PARK et al., 2021).

A técnica pode ser empregada em diversos órgãos nos pequenos animais. Na glândula mamária de cães, embora tumores malignos apresentem maior rigidez que lesões benignas, a técnica não

permite discriminar subtipos ou graus histológicos, e estudos recentes relatam ausência de diferenciação entre nódulos mamários e alterações hiperplásicas (LI et al., 2015). No rim, os valores de referência publicados variam amplamente, evidenciando inconsistências metodológicas e limitações na padronização do método (CRUZ et al., 2021). No sistema linfático, linfonodos superficiais e profundos apresentam boa padronização e reprodutibilidade, sendo os metastáticos caracterizados por maior rigidez, embora a obtenção de múltiplos elastogramas seja necessária para garantir confiabilidade (JUNG et al., 2020). No baço, os valores de velocidade da onda variam entre 1,45 e 2,4 metros por segundo (m/s) e são influenciados por profundidade, peso corporal, anestesia e conformação racial (HOLDSWORTH et al., 2014). No sistema musculoesquelético, a rigidez varia conforme a fase funcional do músculo e a idade do animal (TOKUNAGA; SHIMIZU, 2021). Por fim, na área da tériogenologia, a técnica tem sido empregada na avaliação de testículos e próstata (FELICIANO et al., 2016).

2.4 Elastografia por onda de cisalhamento bidimensional (2D-SWE)

A elastografia bidimensional por onda de cisalhamento é uma modalidade de sonoelastografia que também se baseia na geração de ondas de cisalhamento induzidas por impulsos acústicos do tipo ARFI. Diferentemente da pSWE, a 2D-SWE permite a aquisição simultânea de múltiplas linhas de propagação em um campo bidimensional, produzindo mapas quantitativos da velocidade da onda de cisalhamento, expressos em m/s, ou estimativas indiretas de rigidez tecidual em quilopascal, sobrepostas à imagem ultrassonográfica em modo B. Essa abordagem possibilita a seleção visual precisa da região de interesse e a avaliação espacial da rigidez, reduzindo o erro de amostragem inerente às técnicas pontuais e favorecendo a correlação anatômica com achados morfológicos convencionais (KONOFAGOU,

2004; SILVA et al., 2020).

Na medicina veterinária, a aplicação da 2D-SWE tem sido mais extensivamente investigada no fígado de cães e gatos. Estudos em cães clinicamente saudáveis e em animais com hepatopatias experimentais ou espontâneas demonstraram que a técnica é factível, apresenta boa repetibilidade intra- e interobservador quando protocolos padronizados são utilizados e que a rigidez hepática tende a aumentar em associação à fibrose ou a condições que elevam a pressão venosa hepática (TAMURA et al., 2019a; CHA et al., 2022; PI et al., 2023). Em gatos, embora a literatura ainda seja limitada, estudos recentes demonstraram que a 2D-SWE é viável em animais acordados, com boa concordância interobservador e valores de referência preliminares para diferentes lobos hepáticos, sem influência consistente da idade, do peso corporal ou do escore de condição corporal (KIM et al., 2020; VAN et al., 2023). Contudo, a ausência de correlação histopatológica robusta em populações felinas clinicamente doentes ainda limita conclusões definitivas quanto à acurácia diagnóstica da técnica nesse grupo.

Além do fígado, a 2D-SWE vem sendo explorada experimentalmente em outros órgãos e tecidos na medicina veterinária, sobretudo em cães. Avaliações de tecidos moles abdominais demonstraram diferenças de rigidez entre órgãos como rins, baço e pâncreas em animais saudáveis, sugerindo potencial utilidade da técnica na detecção de alterações estruturais associadas a doenças crônicas, embora ainda exista sobreposição considerável de valores entre tecidos normais e patologicamente alterados (JUNG et al., 2020). No rim canino, estudos indicam diferenças entre córtex e medula e sugerem que a rigidez pode aumentar em casos de doença renal crônica, porém a variabilidade interindividual e a influência de fatores hemodinâmicos limitam sua aplicação clínica isolada (CRUZ et al., 2021). Em tecidos oculares, embora predominantemente

utilizando ARFI pontual, resultados indicam que alterações de rigidez da lente podem auxiliar na diferenciação dos estágios da catarata em cães, sugerindo perspectivas futuras para o uso de técnicas bidimensionais nesse campo (ABREU et al., 2018, 2021).

Apesar das vantagens da 2D-SWE, importantes limitações devem ser consideradas. A técnica é sensível a fatores técnicos e fisiológicos, incluindo fase respiratória, profundidade da ROI, sedação, anestesia e posicionamento do paciente, o que pode aumentar a variabilidade dos resultados quando não há padronização adequada (CHA et al., 2022; PUCCINELLI et al., 2022). Ademais, condições não fibróticas, como inflamação aguda, congestão venosa, colestase e alterações hemodinâmicas sistêmicas, podem elevar a SWV independentemente da presença de fibrose crônica, configurando fatores de confusão relevantes na interpretação clínica (TAMURA et al., 2019a). Soma-se a isso a dependência do equipamento e do fabricante, uma vez que diferenças nos algoritmos de processamento e nos parâmetros de aquisição impedem a intercambialidade direta de valores de referência entre aparelhos distintos (BARR et al., 2020).

Dessa forma, a literatura recomenda que os resultados da 2D-SWE sejam sempre interpretados de maneira integrada aos dados clínicos, laboratoriais e aos achados ultrassonográficos convencionais, evitando interpretações isoladas. A padronização de protocolos, incluindo jejum, posição do paciente, fase respiratória, profundidade da ROI e número mínimo de medições válidas, bem como o desenvolvimento de valores de referência específicos por espécie, porte e condição corporal, são considerados passos essenciais para a consolidação da técnica na prática clínica veterinária (KIM et al., 2020; PI et al., 2023). Em síntese, a elastografia bidimensional por onda de cisalhamento configura-se como uma ferramenta promissora para a avaliação quantitativa da rigidez tecidual em medicina veterinária; contudo, lacunas metodológicas, escassez de estudos com

correlação histopatológica e influência de fatores confundidores reforçam a necessidade de pesquisas adicionais, padronizadas e comparativas, para que sua utilização clínica seja plenamente estabelecida (FERRAIOLI et al., 2024).

3. CONCLUSÃO

A elastografia constitui um avanço relevante no diagnóstico por imagem em medicina veterinária, ao permitir a avaliação não invasiva da rigidez tecidual, complementando a ultrassonografia convencional com informações funcionais e biomecânicas. A técnica possibilita a detecção precoce de alterações estruturais que podem anteceder mudanças morfológicas visíveis, contribuindo para o estadiamento e o monitoramento de diversas enfermidades. As evidências disponíveis indicam que a elastografia é factível e reprodutível em pequenos animais, com maior número de estudos voltados à avaliação hepática em cães e gatos.

Entre as modalidades, a elastografia por onda de cisalhamento, especialmente a bidimensional (2D-SWE), destaca-se pelo caráter quantitativo, pela maior área de amostragem e pela redução do erro associado a técnicas pontuais. Apesar de seu potencial clínico, a aplicação rotineira da elastografia ainda é limitada pela ausência de padronização, pela variabilidade metodológica entre equipamentos e pela influência de fatores técnicos e fisiológicos. Assim, estudos adicionais, padronizados e com correlação histopatológica, são essenciais para consolidar sua utilização clínica na medicina veterinária.

REFERÊNCIAS

ABREU, T. G. M. et al. Acoustic radiation force impulse elastography of the eyes of brachycephalic dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 70, n. 4, p. 1045–1052, 2018. DOI: 10.1590/1678-4162-9498.

ABREU, Thais G. M.; MARONEZI, Marjory C.; USCATEGUI, Ricardo A. R.; ROCHA, Fabiana L.; PÁDUA, Ivan R. M.; MADRUGA, Gabriela M.; LAUS, José L.; FELICIANO, Marcus A. R. Accuracy of ARFI elastography in the differentiation of cataract stages in dogs. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 41, p. e06598, 2021. DOI: 10.1590/1678-5150-pvb-6598.

BARR, Richard G.; WILSON, Stephanie R.; RUBENS, Deborah; GARCIA-TSAO, Guadalupe; FERRAIOLI, Giovanna. Update to the Society of Radiologists in Ultrasound Liver Elastography Consensus Statement. **Radiology**, v. 296, n. 2, p. 263–274, 2020. DOI: 10.1148/radiol.2020192437.

CASTÉRA, Laurent; VERGNIOL, Julien; FOUCHER, Juliette; LE BAIL, Brigitte; CHANTELOUP, Elise; HAASER, Maud; DARRIET, Monique; COUZIGOU, Patrice; DE LÉDINGHEN, Victor. Prospective comparison of transient elastography, Fibrotest, APRI, and liver biopsy for the assessment of fibrosis in chronic hepatitis C. **Gastroenterology**, v. 128, n. 2, p. 343–350, 2005. DOI: 10.1053/j.gastro.2004.11.018.

CHA, Jinwoo; KIM, Jayon; KO, Jaeun; KIM, Jaehwan; EOM, Kidong. Effects of Confounding Factors on Liver Stiffness in Two-Dimensional Shear Wave Elastography in Beagle Dogs. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 9, p. 827599, 2022. DOI: 10.3389/fvets.2022.827599.

CHAROENCHUE, Puwitch; KHORANA, Jiraporn; CHITAPANARUX, Taned; INMUTTO, Nakarin; NA CHIANGMAI, Wittanee; AMANTAKUL, Amonlaya; POJCHAMARNWIPUTH, Suwalee; TANTRAWORASIN, Apichat. Two-Dimensional Shear-Wave Elastography: Accuracy in Liver Fibrosis Staging Using Magnetic Resonance Elastography as the Reference Standard. **Diagnostics**, v. 15, n. 1, p. 62, 2024. DOI: 10.3390/diagnostics15010062.

CRUZ, Igor C. K. Da; GASSER, Beatriz; MARONEZI, Marjory Cristina; USCATEGUI, Ricardo Andrés R.; FELICIANO, Marcus Antônio R.; PADILHA-NAKAGHI, Luciana Cristina; AIRES, Luiz Paulo N.; SILVA, Priscila D. A. Da. Applicability of B-mode ultrasonography, ARFI elastography and contrast-enhanced ultrasound in the evaluation of chronic kidney disease in dogs. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 41, p. e06785, 2021. DOI: 10.1590/1678-5150-pvb-6785.

CUI, Xin-Wu; LI, Kang-Ning; YI, Ai-Jiao; WANG, Bin; WEI, Qi; WU, Ge-Ge; DIETRICH, Christoph F. Ultrasound elastography. **Endoscopic Ultrasound**, v. 11, n. 4, p. 252–274, 2022. DOI: 10.4103/EUS-D-21-00151.

DE LÉDINGHEN, V.; VERGNIOL, J. Transient elastography (FibroScan). **Gastroentérologie Clinique et Biologique**, v. 32, n. 6, p. 58–67, 2008. DOI: 10.1016/S0399-8320(08)73994-0.

FELICIANO, M. A. R. et al. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of testicular disorders in dogs: preliminary results. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 68, n. 2, p. 283–291, 2016. DOI: 10.1590/1678-4162-8284.

FERRAIOLI, Giovanna et al. WFUMB Guideline/Guidance on Liver Multiparametric Ultrasound: Part 1. Update to 2018 Guidelines on Liver Ultrasound Elastography. **Ultrasound in Medicine & Biology**, v. 50, n. 8, p. 1071–1087, 2024. DOI: 10.1016/j.ultrasmedbio.2024.03.013.

FIGUEIRA, Carvalho; THASSILA, Caccia Feragi Cintra; MARIA, Cristina Chammas. Elastography: Principles and considerations for clinical research in veterinary medicine cibeles. **Journal of Veterinary Medicine and Animal Health**, v. 7, n. 3, p. 99–110, 2015. DOI: 10.5897/JVMAH2014.0344.

HOLDSWORTH, Andrew; BRADLEY, Kate; BIRCH, Sally; BROWNE, William J.; BARBERET, Virginie. ELASTOGRAPHY OF THE NORMAL CANINE LIVER, SPLEEN AND KIDNEYS. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 6, p. 620–627, 2014. DOI: 10.1111/vru.12169.

JUNG, Jin-Woo; JE, Hyejin; LEE, Sang-Kwon; JANG, Youjung; CHOI, Jihye. Two-Dimensional Shear Wave Elastography of Normal Soft Tissue Organs in Adult Beagle Dogs; Interobserver Agreement and Sources of Variability. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 8, p. 979, 2020. DOI: 10.3389/fbioe.2020.00979.

KIM, Kyeonga; LEE, Jieun; SO, Jaebeom; JANG, Yong-seok; JUNG, Mingyu; KANG, Kyuyong; CHOI, Mincheol; YOON, Junghee. Feasibility and Reliability of Two-Dimensional Shear-Wave Elastography of the Liver of Clinically Healthy Cats. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, p. 614750, 2020. DOI: 10.3389/fvets.2020.614750.

KONOFAGOU, E. E. Quo vadis elasticity imaging? **Ultrasonics**, v. 42, n. 1–9, p. 331–336, 2004. DOI: 10.1016/j.ultras.2003.11.010.

LI, Dan-Dan et al. Acoustic radiation force impulse elastography for differentiation of malignant and benign breast lesions: a meta-analysis. 2015.

O'BRIEN, Robert T.; HOLMES, Shannon P. Recent Advances in Ultrasound Technology. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, v. 22, n. 3, p. 93–103, 2007. DOI: 10.1053/j.ctsap.2007.05.003.

ONO, Mamiko; IMAMURA, Yamato; IRIE, Yusuke; ARITSUNE, Manami; NISHIOKA, Shinobu; HORIKITA, Tetsuya. Transient elastography: a novel, non-invasive method for the evaluation of liver stiffness and controlled attenuation parameter in cows. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 82, n. 5, p. 559–565, 2020. DOI: 10.1292/jvms.19-0495.

PARK, Saechol; CHOI, Jeongwoo; KIM, Kyeonga; OH, Donghyun; YOON, Junghee; CHOI, Mincheol. Point shear wave elastography of the liver in healthy adult cats. **American Journal of Veterinary Research**, v. 82, n. 4, p. 286–291, 2021. DOI: 10.2460/ajvr.82.4.286.

PI, Ji'ang; FOO, Eric Wenhao; ZANG, Xueyu; LI, Shuai; ZHAO, Yanbing; LIU,

Yongwang; DENG, Yifeng. Evaluation of the Feasibility of 2D-SWE to Measure Liver Stiffness in Healthy Dogs and Analysis of Possible Confounding Factors. **Animals**, v. 13, n. 22, p. 3446, 2023. DOI: 10.3390/ani13223446.

PUCCINELLI, Caterina; PELLIGRA, Tina; BRIGANTI, Angela; CITI, Simonetta. Two-dimensional shear wave elastography of liver in healthy dogs: anaesthesia as a source of variability. **International Journal of Veterinary Science and Medicine**, v. 10, n. 1, p. 46–51, 2022. DOI: 10.1080/23144599.2022.2073138.

RIVERO-JUÁREZ, Antonio; MORGAZ, Juan; CAMACHO, Angela; MUÑOZ-RASCÓN, Pilar; DOMINGUEZ, Juan Manuel; SÁNCHEZ-CÉSPEDES, Raquel; TORRE-CISNEROS, Julián; RIVERO, Antonio. Liver Stiffness Using Transient Elastography is Applicable to Canines for Hepatic Disease Models. **PLoS ONE**, v. 7, n. 7, p. e41557, 2012. DOI: 10.1371/journal.pone.0041557.

SILVA, Luiza De Campos Moreira Da; OLIVEIRA, Julia Teixeira De; TOCHETTO, Sandra; OLIVEIRA, Claudia Pinto Marques Souza De; SIGRIST, Rosa; CHAMMAS, Maria Cristina. Ultrasound elastography in patients with fatty liver disease. **Radiologia Brasileira**, v. 53, n. 1, p. 47–55, 2020. DOI: 10.1590/0100-3984.2019.0028.

TAMURA, Masahiro; OHTA, Hiroshi; NISA, Khoirun; OSUGA, Tatsuyuki; SASAKI, Noboru; MORISHITA, Keitaro; TAKIGUCHI, Mitsuyoshi. Evaluation of liver and spleen stiffness of healthy dogs by use of two-dimensional shear wave elastography. **American Journal of Veterinary Research**, v. 80, n. 4, p. 378–384, 2019. a. DOI: 10.2460/ajvr.80.4.378.

TAMURA, Masahiro; OHTA, Hiroshi; SHIMBO, Genya; OSUGA, Tatsuyuki; SASAKI, Noboru; MORISHITA, Keitaro; KAGAWA, Yumiko; TAKIGUCHI, Mitsuyoshi. Usefulness of noninvasive shear wave elastography for the assessment of hepatic fibrosis in dogs with hepatic disease. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 33, n. 5, p. 2067–2074, 2019. b. DOI: 10.1111/jvim.15598.

TOKUNAGA, Akari; SHIMIZU, Miki. Age-related change in shear elastic modulus of the thoracolumbar multifidus muscle in healthy Beagle dogs using ultrasound shear wave elastography. **Journal of Veterinary Science**, v. 22, n. 1, p. e3, 2021. DOI: 10.4142/jvs.2021.22.e3.

VAN, Victoria; RADEMACHER, Nathalie; LIU, Chin-Chi; KEETON, Sarah; JOHNSTON, Andrea N. Shear wave velocity values measured by 2D-shear wave elastography are not different between awake and anesthetized cats without clinically significant hepatic fibrosis. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 64, n. 5, p. 913–919, 2023. DOI: 10.1111/vru.13267.