

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**APLICABILIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA EM MODO B
E ELASTOGRAFIA TRANSTORÁCICA NO DIAGNÓSTICO
DE DOENÇAS PULMONARES EM CÃES**

Bruna Bressianini Lima

Médica Veterinária

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**APLICABILIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA EM MODO B
E ELASTOGRAFIA TRANSTORÁCICA NO DIAGNÓSTICO
DE DOENÇAS PULMONARES EM CÃES**

Discente: Bruna Bressianini Lima

Orientador: Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano

Co–Orientadora: Profa. Dra. Paola Castro Moraes

Dissertação apresentada ao programa de PósGraduação em Cirurgia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Cirurgia Veterinária, na área de Cirurgia Veterinária.

2023

L732a Lima, Bruna Bressianini
Aplicabilidade da ultrassonografia em Modo B e elastografia transtorácica no diagnóstico de doenças pulmonares em cães / Bruna Bressianini Lima. -- Jaboticabal, 2023
69 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano
Coorientadora: Profa. Dra. Paola Castro Moraes

1. cisalhamento. 2. pulmão. 3. malignidade. 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: APLICABILIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA EM MODO B E ELASTROGRAFIA TRANSTORÁCICA NO DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS PULMONARES EM CÃES

AUTORA: BRUNA BRESSIANINI LIMA

ORIENTADOR: MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Cirurgia Veterinária, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCUS ANTÔNIO ROSSI FELICIANO (Participação Presencial)
Diagnostico por Imagem / Universidade de Sao Paulo USP FZEA PirassunungaSP



Profa. Dra. DANUTA PULZ DOICHE (Participação Presencial)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV /UNESP Jaboticabal



Profa. Dra. ANELISE CARVALHO NEPOMUCENO (Participação Presencial)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / Universidade Federal de Minas Gerais - Belo Horizonte/MG



Jaboticabal, 24 de fevereiro de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Bruna Bressianini Lima – nascida em 24 de dezembro de 1990 na cidade de Guarulhos – SP. Médica Veterinária formada pela Universidade de Franca – UNIFRAN, Franca, São Paulo, em dezembro de 2014. No período de 2015 a 2016 cursou aprimoramento em medicina veterinária nas áreas de clínica médica e cirúrgica de grandes animais, junto ao hospital veterinário da Faculdade Doutor Francisco Maeda – FAFRAM. Em 2017 trabalhou como plantonista atuando na área de clínica médica de pequenos animais em Clínica Veterinária São Francisco, Franca, São Paulo e realizou cursos na área de ultrassonografia de pequenos animais em Centro de Aprimoramento e Especialidades Veterinárias (CAPSVET), Ribeirão Preto, São Paulo. Estagiou na área de ultrassonografia em clínica PET VIDA, Araraquara, São Paulo. De 2018 a 2019 trabalhou em clínica veterinária ALTIVET, Altinópolis, São Paulo, atuando na área de clínica médica e ultrassonografia de pequenos animais. No período de 2019 a 2020 realizou curso de Pós-Graduação “Lato Sensu” de especialização em ultrassonografia em medicina veterinária de pequenos animais na Faculdade de Tecnologia em Saúde FATESA- EURP, Ribeirão Preto, São Paulo atuando como ultrassonografista volante na mesma cidade. Em janeiro de 2021 iniciou o mestrado pelo Programa de Pós-graduação em Cirurgia Veterinária na área de Diagnóstico por Imagem, na Universidade Estadual de São Paulo – (UNESP), Câmpus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano, etapa que está em curso.

*“Quem elegeu a busca, não pode recusar
a travessia”*

Guimarães Rosa

Dedico este trabalho a Ranny (*In Memoriam*)
que Deus permitiu viver 19 anos ao meu lado,
me ensinando que o amor é uma mistura de
cuidado e força.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que me proporciona diariamente saúde e oportunidade de exercer a vocação que me foi concedida, e a quem eu rezo todos os dias para que me agracie em sua infinita bondade com competência para que eu possa executar minhas atividades com excelência e amor.

Em segundo gostaria de agradecer meus pais, em especial minha Mãe, Lucimar, que nunca mediu esforços para me ajudar em todos os sentidos, me incentivando e tornando possível todos os meus sonhos, sendo um exemplo de força e coragem. Este trabalho só foi possível pelo seu apoio e amor incondicional a mim.

Ao meu orientador professor Marcus Feliciano a quem eu tenho profunda gratidão e admiração como profissional e pessoa. Me concedeu uma oportunidade de aprendizado única, compartilhando comigo e todos a sua volta, um enorme conhecimento na área do diagnóstico por imagem, fazendo diferença na vida de muitas pessoas e pacientes. Ele nos oferece o bem mais precioso que se pode oferecer a alguém, seu tempo! Obrigada por todo tempo, conhecimento e apoio direcionados a mim.

Aos meus amigos do grupo de pesquisa Rafael, Luís, Beatriz, Igor, Priscila e Ana Paula obrigada pela ajuda, não conseguimos nada sozinhos, vocês foram indispensáveis. Rafael Obrigada por todo companheirismo e apoio.

Brenda agradeço a você imensamente todo carinho e apoio. Obrigada por ser alguém com quem se pode contar. Você é luz na vida das pessoas.

Professor Paulo Aguilera, minha referência, quem pegou na minha mão pela primeira vez para ensinar ultrassom e nunca mais soltou. Obrigada por ter dividido comigo seu conhecimento e ter confiado a mim tantas vezes, seus pacientes, seu trabalho e sua amizade. Você tem um coração imenso!

Professora Elzylene Lega, que me concedeu inúmeras oportunidades de aprendizado, sendo minha orientadora do estágio docência, pude ver de perto o amor a dedicação e a segurança em forma de aula.

As minhas amigas, Talita, Bruna, Ana Clara, Isabela, Yasmim e Laura, obrigada por me oferecerem a amizade de vocês e me fazer sentir acolhida em Jaboticabal, vocês são especiais.

Aos meus amigos há anos Livia, Lucas e Débora, a minha jornada não seria a mesma sem a presença de vocês na minha vida. Grata por toda compreensão e apoio nos momentos difíceis.

Por fim minha gratidão mais que especial aos meus animais, Ranny (*In Memoriam*) e Meg, vocês despertam o melhor em mim; e a todos os pacientes os quais eu tenho o privilégio de cuidar e realizar o maior sonho da minha vida que é ser Médica Veterinária.

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

SUMÁRIO

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA)	x
RESUMO	xi
LISTAS DE FIGURAS	xiii
LISTAS DE TABELAS	xvii
CAPÍTULO 1 - Considerações gerais	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Pulmão	2
2.2. Afecções pulmonares	4
2.3. Métodos diagnósticos	5
2.4. Ultrassonografia Pulmonar	6
2.5. Sinais ultrassonográficos normais e anormais	9
2.6. Elastografia	18
2.7. Elastografia pulmonar	25
3. REFERÊNCIAS	27
CAPÍTULO 2 – Aplicabilidade da elastografia transtorácica na diferenciação de lesões pulmonares em cães	34
RESUMO	34
ABSTRACT	34
1. INTRODUÇÃO	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1. Radiografia Torácica	37
2.2. Ultrassonografia Pulmonar	37
2.3. Elastografia ARFI Pulmonar	38
2.4. Análises Citológicas e/ou Histopatológicas	39
2.5. Análises Estatísticas	40
3. RESULTADOS	40
4. DISCUSSÃO	50
5. CONCLUSÃO	52
6. REFERÊNCIAS	53

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA)



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



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

C E R T I F I C A D O

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "**Aplicabilidade da elastografia transtorácica no diagnóstico de doenças pulmonares em cães**", protocolo nº 799/21, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Marcus Antônio Rossi Feliciano, 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 pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 01 de abril de 2021.

Vigência do Projeto	01/04/2021 a 01/04/2025
Espécie / Linhagem	Canina
Nº de animais	80
Peso / Idade	Do 10 a 50 kg / 1 a 15 anos
Sexo	Fêmeas e machos
Origem	Serviço de Diagnóstico por Imagem, Oncologia e Clínica Médica do Hospital Veterinário da FCAV/UNESP

Jaboticabal, 12 de abril de 2021.


Profa. Dra. Fabiana Pilarski
 Coordenadora – CEUA

APLICABILIDADE DA ULTRASSONOGRAFIA EM MODO B E ELASTOGRAFIA TRANSTORÁCICA NO DIAGNÓSTICO DE DOENÇAS PULMONARES EM CÃES

RESUMO - As doenças pulmonares em cães possuem alta relevância na rotina de pequenos animais, sendo que os sinais clínicos em sua maioria são inespecíficos e a grande variedade etiológica das afecções pulmonares possibilitam uma série de diagnósticos diferenciais. Na busca de um diagnóstico conclusivo recorre-se aos procedimentos invasivos, uma vez que os achados de técnicas não invasivas como exames radiográficos e ultrassonografia convencional possuem baixa especificidade na diferenciação das doenças pulmonares. Neste contexto, o presente estudo objetivou determinar a aplicabilidade da ARFI (acoustic radiation force impulse) na avaliação de lesões pulmonares em cães e correlacionar os dados obtidos pela técnica com os parâmetros radiográficos, da ultrassonografia modo-B e achados de citologia e histopatologia dos tecidos anormais, sugerindo um protocolo de exame e valores de corte em pacientes caninos com doenças pulmonares. Foi realizado estudo clínico prospectivo caso-controle e avaliadas e comparadas as características de áreas pulmonares com atelectasia ou massas utilizando a radiografia como exame de triagem para localização das lesões e a ultrassonografia em modo B avaliando a ecogenicidade, ecotextura, contornos, margeamento, presença de linhas B, áreas císticas, pontos ecogênicos centrais e o número de massas (únicas ou múltiplas). Posteriormente, foram avaliadas as características elastográficas (qualitativas e quantitativas). As avaliações ultrassonográficas realizadas ao modo-B não se mostraram significativas estatisticamente nos parâmetros estudados, assim como a elastografia ARFI qualitativa e quantitativa; não obtendo assim valor diagnóstico para estes parâmetros avaliados. A elastografia ARFI é um método recente que pode fornecer dados importantes a respeito da rigidez dos tecidos em humanos, de forma a permitir a utilização futura desta técnica na avaliação de cães com afecções pulmonares, sendo que estudos mais extensos sobre essa questão e uma amostragem maior de pacientes são necessários devido à escassez de pesquisas sobre esta técnica de imagem em pequenos animais.

Palavras-chave: cisalhamento; pulmão; malignidade.

APPLICABILITY OF TRANSTHORACIC ELASTOGRAPHY FOR THE DIAGNOSIS OF PULMONARY DISEASES IN DOGS

ABSTRACT – Pulmonary diseases in dogs have high relevance in the routine of small animals, and the clinical signs are mostly nonspecific and the wide etiological variety of pulmonary diseases allow a series of differential diagnoses. In the search for a conclusive diagnosis, invasive procedures are used, since the findings of noninvasive techniques such as radiographic examinations and conventional ultrasound have low specificity in differentiating lung diseases. In this context, the present study aimed to determine the applicability of ARFI (acoustic radiation force impulse) in the evaluation of lung lesions in dogs and to correlate the data obtained by the technique with radiographic parameters, B-mode ultrasonography and cytology and histopathology findings of the tissues. abnormalities, suggesting an examination protocol and cut-off values in canine patients with pulmonary diseases. A prospective case-control clinical study was carried out and the characteristics of lung areas with atelectasis or masses were evaluated and compared using radiography as a screening test and for locating the lesions and B-mode ultrasonography evaluating the echogenicity, echotexture, contours, margins, presence of B lines, cystic areas, central echogenic points and the number of masses (single or multiple). Subsequently, the elastographic characteristics (qualitative and quantitative) were evaluated. The Bmode ultrasonographic evaluations were not statistically significant in the parameters studied, as well as the qualitative and quantitative ARFI elastography,, thus not obtaining diagnostic value for these evaluated parameters. ARFI elastography is a recent method that can provide important data regarding the stiffness of tissues in humans, in order to allow the future use of this technique in the evaluation of dogs with pulmonary diseases, and more extensive studies on this issue and a larger sample of patients are needed due to the paucity of research on this imaging technique in small animals.

Keywords: lung; malignancy; shear.

LISTAS DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Imagem de pulmão canino, (vista ventral, preparado de corrosão), preparação realizada por H. dier, Viana. Fonte: Atlas colorido Konig, 2016.4
- Figura 2.** Imagem ilustrativa e fotográfica do posicionamento do transdutor durante o exame TFAST³ em cinco pontos. A: Cão em decúbito lateral. CTS: sítio torácico, PCS: sítio pericárdico, DH: sítio diafragmático-hepático. B: Cão posicionado em estação. Os marcadores (pontos pretos) no transdutor indicam direção cranial para orientação no monitor. Fonte: Lisciandro, 2014.8
- Figura 3.** Imagem fotográfica e radiográfica ilustrando a técnica de varredura “Vet BLUE” relacionada com radiografia lateral torácica. A: Fotografia ilustrando o posicionamento da sonda em locais pré-determinados. B: Imagem radiográfica do tórax. cdll: região de lobo pulmonar caudodorsal; phll: região de lobo pulmonar perihilar (perihilar); mdll: região de lobo pulmonar medial; crll: região de lobo pulmonar cranial. O exame é repetido no hemitórax oposto. Fonte: Lisciandro, 2014.8
- Figura 4.** Imagem ultrassonográfica formada pelo sombreamento acústico originado das costelas e pela linha hiperecogênica originada da pleura parietal. Fonte: adaptado de Lisciandro et al., 2014.10
- Figura 5.** Imagem em modo-B de pulmão sem afecções e na presença de pneumotórax são idênticas. Presença de linhas A (seta) Fonte: Arquivo Pessoal.11
- Figura 6.** Imagem em modo M do sinal à beira-mar descartando pneumotórax Observação das linhas A na imagem em modo-B (Figura 5, D) e a granulação na imagem em modo M (Figura 7), comparadas a uma praia de areia. Fonte: Arquivo Pessoal12
- Figura 7.** Imagem sugestiva de Pneumotórax. Imagem em modo M do sinal do código de barras, também conhecido como sinal da estratosfera, Em contraste com (Figura 6, A). Fonte: Setor de diagnóstico por imagem da Unesp FCAV-Jaboticabal12
- Figura 8.** Desenho de linha correlacionando ULRs, também chamado de linhas B que rapidamente descartam pneumotórax. Fonte: Lisciandro, 2014.14
- Figura 9.** Desenho de linha correlacionando ULRs, também chamado de linhas B que rapidamente descartam pneumotórax. Fonte: Lisciandro, 2014.14
- Figura 10.** Desenho de linha representando o sinal do nódulo como um desvio da continuidade linear da linha PP. Fonte: Lisciandro, 2014.15
- Figura 11.** Imagem em modo-B correlacionada aos nódulos em doença metastática. Fonte: Arquivo Pessoal.16

Figura 12. Desenho de linha representando o sinal de fragmentação como um desvio de continuidade linear esperado da linha PP. Dentro do fragmento estão graus variáveis de caudas de cometa ou artefatos de reverberação do ar (ULRs), indicativos de algum grau de aeração pulmonar. Fonte: Lisciandro, 2014.17

Figura 13. Desenho e imagem radiográfica de sinal tecidual, consolidação pulmonar sem aeração. A: Desenho de linha representando o sinal de tecido como um desvio da continuidade linear esperada da linha PP. Dentro do sinal de tecido não há caudas de cometa, artefatos de ação de reverberação de ar (ULRs) devido à completa falta de aeração no pulmão severamente consolidado. O termo hepatização tem usado para descrever tal pulmão, B: Correlação com imagem em modo-B do sinal de tecido. Fonte:Arquivo Pessoal.18

Figura 14. Imagem ultrassonográfica e elastográfica de massa na tireoide de cão. Na imagem da esquerda, nodulação com ecogenicidade mista e ecotextura heterogênea, com contornos discretamente irregulares e não invasiva; ao lado direito, elastograma da massa, demonstrando predominância de tonalidades azuis escuras, indicando aumento da rigidez tecidual quando comparado com tecido adjacente (tecido mole com tonalidades avermelhadas - menos rígido) Fonte: Imagem cedida gentilmente pelo Prof. Dr. Marcus Antonio Rossi Feliciano20

Figura 15. Exemplo de imagem, exibida pelo Fibroscan de um tecido hepático humano. Note a imagem no modo A (à esquerda, o sinal ultrassônico retroespalhado pelo tecido em função do tempo (central) e um mapa da propagação da onda de cisalhamento com a reta indicativa da frente de onda (à direita). Abaixo das imagens observamos o valor do CAPTM (216dB/m) e a mediana do módulo de Young(6,5kPa) Fonte: Costa Junior et al., 2019.22

Figura 16. Imagem de uma amostra de tecido muscular bovino obtida com um equipamento elastográfico baseado no método SSI. A escala de cores varia de 0 a 300 kPa (azul a vermelho, respectivamente). Note que dois Qbox™ de diâmetros iguais a 5 mm foram selecionados na imagem elastográfica em profundidades distintas (0,4 e 0,9 cm), gerando respectivos valores do módulo Young (média, desvio padrão, máximo, mínimo). Fonte: Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ.....23

Figura 17. Imagem obtida pelo equipamento elastográfico SIEMENS ACUSON S2000™ com o modo ARFI ativado, com 5 ROIs posicionados na imagem elastográfica gerando valores de velocidade da onda de cisalhamento em diferentes profundidades. A escala de cores (elastograma) varia do azul ao vermelho, representando de menores a maiores valores de rigidez; é avaliado na imagem uma formação pulmonar em topografia lobo pulmonar cranial, próxima ao coração. Fonte: Arquivo Pessoal.24

CAPÍTULO 2

Figura 1. Imagem radiográfica na projeção lateral direita do paciente 02 com presença de neoformação pulmonar única em topografia de lobo pulmonar caudo dorsal, apresentando desvio dorsal de traqueia e aumento de átrio direito. Fonte: Setor de Diagnóstico por Imagem - Unesp, FCAV-Jaboticabal, 2022. Setas contornando a região da massa.41

Figura 2. Imagem radiográfica na projeção ventro dorsal do paciente 02 com presença de neoformação pulmonar única em topografia de lobo pulmonar caudo dorsal, Fonte: Setor de Diagnóstico por Imagem - Unesp, FCAV-Jaboticabal, 2022. Setas contornando a região da massa42

Figura 3. Imagem de ultrassonografia convencional ao modo B, obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, realizado com prob linear, referente a paciente 02, supracitada, apresentando neoformação pulmonar em região caudo dorsal e peri-hilar com aspecto parenquimatoso, heterogêneo, predominantemente hipoecogênica, com margens irregulares e contornos bem definidos. Fonte: Arquivo Pessoal.43

Figura 4. Imagem obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, com o modo elastográfico ARFI ativado, realizado com prob linear, referente a paciente 02, apresentando neoformação pulmonar em região caudo dorsal e peri-hilar. Note a mensuração da velocidade de cisalhamento da massa pulmonar, com a presença do gate nas porções avaliadas, expressa em m/s (avaliação quantitativa) assim como o elastograma (mapa em escala colorida da rigidez tecidual) para avaliação qualitativa da rigidez tecidual sendo regiões de cor azul consideradas tecidos mais elásticos (menos rígidos) e regiões vermelhas mais rígidas.44

Figura 5. Imagem de exame histopatológico da paciente 02, diagnóstico para adenocarcinoma pulmonar. Fragmento de massa em pulmão com proliferação neoplásica de células epiteliais de elevada celularidade mal delimitada, não encapsulada e de crescimento infiltrativo. **A.** Distribuição de células neoplásicas (40X). **B.** Células neoplásicas (400X).44

Figura 6. Imagem de ultrassonografia convencional ao modo B, obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, realizado com probe linear, referente a paciente 18 apresentando lobo pulmonar hepatizado devido a grave consolidação pulmonar causada por pneumonia. Observa-se lobo pulmonar hipoecogênico, heterogêneo com presença de focos hiperecoicos como consequência de ar residual nos alvéolos, com aspecto semelhante ao parênquima hepático. Fonte: Arquivo Pessoal.45

Figura 7. Imagem obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, com o modo elastográfico ARFI ativado, realizado com probe linear, referente a

paciente 18, apresentando lobo pulmonar hepatizado. Note a mensuração da velocidade de cisalhamento da massa pulmonar, com a presença do gate nas porções avaliadas, expressa em m/s (avaliação quantitativa) assim como o elastograma (mapa em escala colorida da rigidez tecidual) para avaliação qualitativa da rigidez tecidual sendo regiões de cor azul consideradas tecidos mais elásticos (menos rígidos) e regiões vermelhas mais rígidas.....46

Figura 8. Imagem de ultrassonografia convencional ao modo B, obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, realizado com probe linear, referente ao paciente 17 apresentando lobo pulmonar atelectásico devido efusão pleural causada por neoplasia. Observa-se lobo pulmonar com formato triangular, hiperecogênico, homogêneo, flutuante a efusão pleural. Fonte: Arquivo Pessoal. ...47

Figura 9. Imagem obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, com o modo elastográfico ARFI ativado, realizado com probe linear, referente ao paciente 17, apresentando lobo pulmonar atelectásico. Note a mensuração da velocidade de cisalhamento da massa pulmonar, com a presença do gate nas porções avaliadas, expressa em m/s (avaliação quantitativa) assim como o elastograma (mapa em escala colorida da rigidez tecidual) para avaliação qualitativa da rigidez tecidual sendo regiões de cor azul consideradas tecidos mais elásticos (menos rígidos) e regiões vermelhas mais rígidas.....48

LISTAS DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Tabela referente aos dados ultrassonográficos avaliados ao modo B, elastografia ARFI (qualitativa e quantitativa), análises das biópsias e dados clínicos dos pacientes deste estudo. Sendo: M= Maligno; B = Benigno; EP: Efusão pleural: (0) ausente (1) presente; Ecog: ecogenicidade (1) hipo; (2) hiper; (3) misto; (4) anecogenico; (4) anecoico; Margeamento: (1) regular (2) irregular; Contorno: (1) bem definido (2) mal definido; Pontos Ecogênicos: (0) Ausentes (1) presentes; Áreas císticas: (0) ausentes (1) presentes; Linhas B: (0) ausentes (1) presentes; Número: massa única (1) múltiplos nódulos (2); E.Q= Elasto qualitativa Cores predominantes: azul e verde (1) verde e amarelo (2) amarelo e vermelho (3); SW: Elasto quantitativa.49

CAPÍTULO 1 - Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

O diagnóstico e tratamento das doenças respiratórias nos animais são frequentes e uma das principais atuações na clínica médica veterinária. Embora o exame clínico seja de extrema importância na triagem para o diagnóstico das doenças respiratórias, alguns exames complementares são indispensáveis, dentre eles, o exame radiográfico (Nelson e Couto, 2001) e o ultrassonográfico (Mattoon e Nyland, 2005).

Por um longo período, a utilização da ultrassonografia transtorácica na Medicina e na Veterinária, para avaliação de estruturas pulmonares, foi subestimada quando comparada aos outros métodos aplicados, como a auscultação (disponível desde 1810), exame radiográfico (desde 1895) e Tomografia Computadorizada (desde 1972); e embora as radiografias sejam essenciais para avaliação de afecções torácicas (Suter e Gomez, 1981; Schwarz e Tidwell, 1999; De Luca et al., 2008), seus achados podem não ser específicos ou serem limitados por presença de fluido pleural ou envolvimento de múltiplos compartimentos torácicos (Reichle e Wisner, 2000).

Uma das vantagens da ultrassonografia sobre o exame radiográfico é a possibilidade de identificação de lesões periféricas do tecido pulmonar que são inaparentes ou sobrepostas por efusão pleural nas imagens radiográficas (Newit et al., 2009; Schwarz e Tidwell, 1999).

Em medicina, estudos recentes demonstram a aplicabilidade da elastografia na avaliação de alterações pulmonares (intersticiais e parenquimatosas). Estudo preliminar realizado por Sperandeo et al. (2015) em pacientes humanos com consolidação pulmonar secundária a pneumonia e neoplasias, verificou maior rigidez pulmonar na neoplasia do que na pneumonia, indicando que a elastografia pode fornecer diferenciação destas afecções e melhorar a precisão e rendimento diagnóstico da PAAF.

Neste contexto devido à grande variedade etiológica, inespecificidade dos sinais clínicos nas afecções pulmonares e com base aos resultados encontrados em humanos a elastografia se apresenta como uma alternativa diagnóstica de modo a

incrementar a acurácia e especificidade diagnóstica nas enfermidades pulmonares em cães.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Pulmão

Os pulmões são órgãos elásticos que sempre contém quantidade considerável de ar e possuem uma textura suave e esponjosa (Koning, 2011). São estruturas pareadas contidas na caixa torácica e estão envoltos por uma membrana serosa, chamada de pleura (Getty, 1986; Dyce et al., 2010). A camada em contato com a cavidade torácica é denominada pleura parietal e aquela próxima aos pulmões recebe o nome de pleura visceral. O espaço entre elas contém uma pequena quantidade de líquido pleural, o que permite movimentos quase livres de fricção no tórax (Akers, 2013; Reece, 2014).

O pulmão é o órgão responsável por realizar as trocas gasosas, por meio dos bronquíolos respiratórios, ductos alveolares, sacos alveolares e alvéolos (Koning e Liebich, 2014). Tais estruturas são responsáveis por realizar todos os processos envolvidos nessa função: ventilação, distribuição de gás dentro do pulmão, difusão pela membrana alvéolo capilar, transporte de O₂ presente no sangue dos pulmões para os capilares teciduais e de CO₂ na direção oposta, e a difusão de gases entre o sangue e os tecidos (Klein, 2014).

Em cães, o pulmão direito é composto pelos lobos cranial, médio, caudal e acessório, enquanto o esquerdo possui apenas um lobo cranial dividido (porção cranial e porção caudal) e um lobo caudal (Figura 1), (Dyce et al., 2010). O interior dos pulmões contém uma estrutura de tecido conjuntivo, rica em fibras elásticas que sustenta a árvore bronquial e é responsável por fazer essa divisão lobular (Bacha e Bacha, 2003).

A estrutura da parede bronquial varia de acordo com o tamanho do brônquio (Getty, 1986) mas em seu interior, eles são revestidos pela mucosa respiratória e a parede é composta por fibras musculares lisas, cartilagem hialina e glândulas mistas (Koning, 2011). A mucosa respiratória é composta por epitélio pseudoestratificado cilíndrico ciliado com células caliciformes. Nos brônquios principais, o epitélio

respiratório pode apresentar até quatro camadas de núcleos, que diminuem até chegar nos bronquíolos, que apresentam somente uma camada (Getty, 1986). Os bronquíolos verdadeiros são a última geração sem células alveolares pulmonares em seus segmentos na parede e se ramificam formando os bronquíolos terminais. É a partir dos bronquíolos terminais que surgem os bronquíolos respiratórios, os quais possuem poucas células alveolares pulmonares em suas paredes (Konig, 2011). A última geração dos bronquíolos se caracteriza pela perda das células caliciformes e substituição das mesmas por células da Clara, responsáveis pela secreção de um dos componentes do surfactante pulmonar (Dyce et al., 2010).

Os alvéolos simples estão presentes nos bronquíolos respiratórios, sendo revestidos por uma camada de pneumócitos tipo I e tipo II, com membrana basal subjacente e envoltos por uma rede densa de capilares (Konig, 2011). A barreira hemato-alveolar é composta pelo epitélio alveolar, membrana basal do epitélio alveolar, membrana basal do endotélio capilar e endotélio capilar (Getty, 1986). É por meio dos alvéolos através da oxigenação que o sangue venoso proveniente das artérias pulmonares se transforma em sangue arterial e por meio das veias pulmonares retorna ao átrio esquerdo (Reece, 2014).

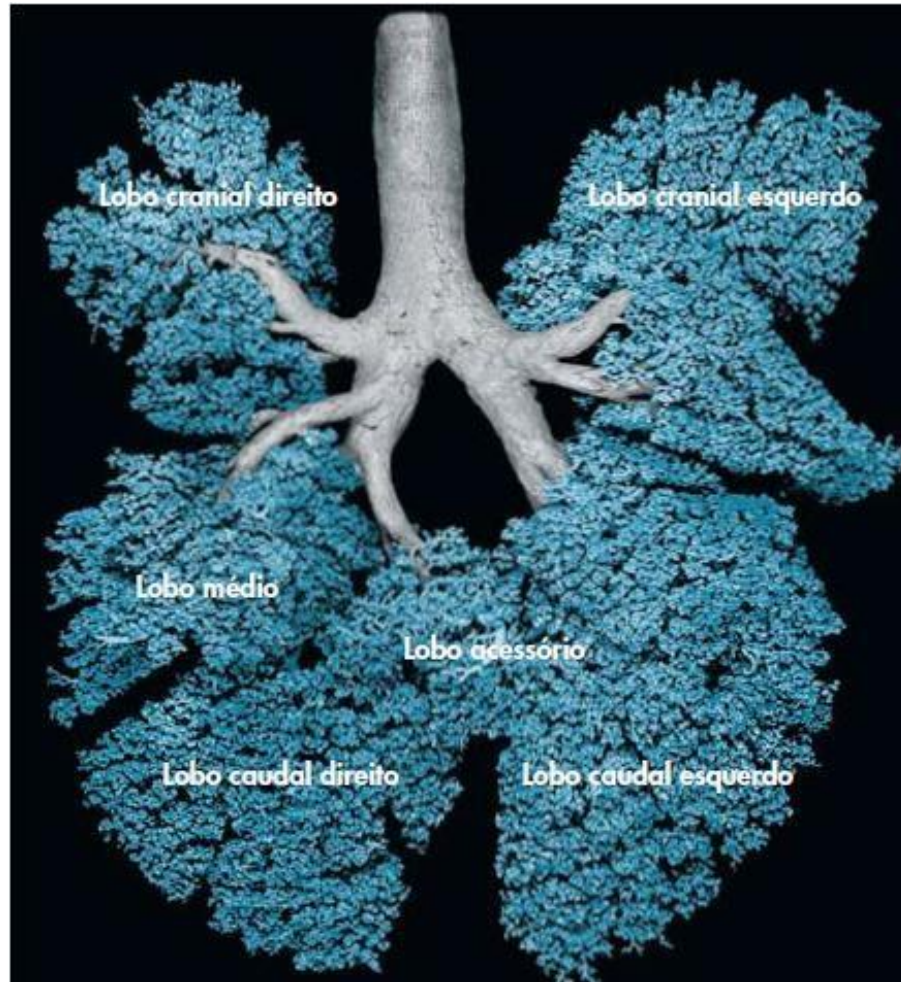


Figura 1. Imagem de pulmão canino, (vista ventral, preparado de corrosão), preparação realizada por H. dier, Viana. Fonte: Atlas colorido Konig, 2016.

2.2. Afecções pulmonares

As afecções pulmonares representam cerca de 4% da casuística em clínica médica de pequenos animais (Ferian et al., 2006). Distúrbios do parênquima pulmonar são rotineiramente diagnosticados em cães e gatos, sendo que as pneumonias infecciosas e neoplasias estão entre as causas mais comuns de doenças parenquimatosas; já afecções pulmonares intersticiais como a pneumonia eosinofílica, a fibrose pulmonar intersticial, pneumonia intersticial linfocítica, entre outros, ocorrem com menor ocorrência (Reineiro e Cohn, 2007). A atelectasia e consolidação dos lobos pulmonares são alterações secundárias a lesões inflamatórias ou neoplásicas, vasculares ou compressivas (Fossum et al., 2008).

O pulmão é o principal sítio de metástase de diversas neoplasias, pois é nele que se localiza o principal sistema capilar carreador da maior parte de células

neoplásicas circulantes no organismo (Hawkins, 2004; Withrow, 2013). As neoplasias pulmonares metastáticas são mais comuns do que as primárias; e dentre os principais tumores causadores de metástases pulmonares estão os osteossarcomas, carcinomas de células escamosas, melanomas, hemangiossarcomas e os carcinomas mamários (Carothers, 1998).

Animais com neoplasia pulmonar primária ou metastática apresentam sinais clínicos variados e inespecíficos que podem ser confundidos com achados de doenças cardíacas ou intratorácicas, como tosse crônica, intolerância ao exercício, emagrecimento progressivo, taquipneia, entre outros, acarretando muitas vezes em um diagnóstico tardio e incidental (Couto, 1998; Hawkins, 2004; Wilson, 2017; Bello et al., 2022). A tosse é o sinal clínico mais comum relacionado às neoplasias pulmonares primárias (Culp e Rebhun, 2013) e, segundo Ettinger et al. (2017) pode ocorrer também taquipneia, cianose e hemoptise. Neste contexto, em virtude de sinais clínicos inespecíficos se faz necessário o uso de exames complementares e entre eles estão a radiografia e a ultrassonografia.

2.3. Métodos diagnósticos

A radiografia torácica possui incontestável importância na medicina veterinária por ser um método consagrado, de ampla disponibilidade e não invasivo, além de fácil execução e fornecedor de informações diagnósticas valiosas (Ferian et al., 2006). Entretanto, as neoplasias pulmonares primárias, ao exame radiográfico, apresentam padrões muito variáveis (Lamb, 2002). Estes padrões radiográficos não podem ser distintos de processos infecciosos (especialmente fúngicos), reações a corpo estranho, hipersensibilidade, doenças imunomediadas e torção de lobo pulmonar (Burk e Ackerman, 1996). Portanto na maioria dos pacientes o estabelecimento de um diagnóstico definitivo não é possível e técnicas alternativas como a ultrassonografia por exemplo é utilizada para complementar as informações diagnósticas não obtidas pela radiologia convencional (Schwarz e Tidwell, 1999; Jung e Bostedt, 2004).

As informações fornecidas pela ultrassonografia torácica possuem um maior valor diagnóstico quando associada com a radiografia torácica pois a localização e o tipo de afecção encontrada nas radiografias determinam o local apropriado para

iniciar o exame ultrassonográfico (formação de janela acústica) (Mattoon e Nyland, 2005).

2.4. Ultrassonografia Pulmonar

A ultrassonografia se tornou um dos métodos de diagnóstico por imagem mais comuns na rotina veterinária por apresentar vantagens como não produzir radiação ionizante, ser de baixo custo, não invasivo, rápido e indolor (Mieshler et al., 2005; Volpicelli et al., 2008). Além de sua portabilidade, evitando deslocamento de pacientes instáveis, associado ainda ao fato de ser um exame possível de se realizar em decúbito esternal, diminuindo o estresse de pacientes dispneicos, quando necessário, além de maior cooperação dos animais (Schwarz e Tidwell, 1999; Prather et al., 2005; De Luca et al., 2008; Sperandeo et al., 2008; Volpicelli et al., 2008).

Outra vantagem da ultrassonografia é a presença de fluido pleural permitir uma excelente janela acústica para visibilização de grande parte das estruturas intratorácicas, ao contrário do que ocorre nas radiografias (Mattoon e Nyland, 2005). Além da possibilidade de se observar, em tempo real, o comportamento das massas durante o movimento de respiração (Hecht, 2008; Seiler, 2011; Thrall, 2013).

Em animais, a ultrassonografia transtorácica é indicada para a avaliação de paciente com sinais de anormalidade no trato respiratório inferior como dispneia, áreas de silêncio na ausculta pulmonar, crepitações, cianose, todas as formas de desconforto respiratório, monitoramento de pneumotórax, monitoramento de efusão pleural e pericárdica, monitoramento em contusões pulmonares, pneumonias, condições neoplásicas (resposta à terapia, recorrência), monitoramento de edema pulmonar cardiogênico e não cardiogênico, monitoramento do uso de diuréticos e sobrecarga de volume usando os princípios de pulmão úmido versus pulmão seco (Lisciandro 2014; Assis e Feliciano, 2019).

Para a realização do exame ultrassonográfico de tórax, tratando-se do preparo da pele, geralmente, a tricotomia não é realizada. Os pelos são umedecidos com álcool e/ou gel de acoplamento acústico, as luzes da sala geralmente são deixadas acesas e o posicionamento utilizado é com o animal em decúbito esternal ou em estação. O decúbito dorsal nunca deve ser utilizado, principalmente pelo fato de aumentar o estresse em pacientes com comprometimento respiratório e

hemodinâmico (Lisciandro, 2014). A sonda utilizada no exame pode ser a micro convexa ou a sonda linear.

Com o objetivo de auxiliar a prática de emergência, a detecção de hemorragia torácica e pneumotórax de forma rápida, um protocolo chamado “FAST torácico”, (representado em inglês pela sigla FAST, ou Focused Assessment with Sonography for Trauma) foi inicialmente desenvolvido para avaliação de fluido livre nos espaços peritoneal, pleural e pericárdico em pacientes humanos após traumas não perfurantes (Boysen e Lisciandro, 2013).

Um primeiro estudo veterinário descrevendo o uso do protocolo AFAST para avaliação de cães que sofreram trauma veicular foi publicado por Boysen et al. (2004), subsequentemente, os artigos de Lisciandro et al. (2008, 2011) descreveram sistema de pontuação AFAST e avaliaram o uso de TFAST (FAST torácico) em 18 cães após trauma, respectivamente.

Em 2011, o autor ampliou a técnica, incluindo o uso para pacientes não traumatizados, que passou a ser denominada TFAST³ (para trauma, triagem e monitoramento). O exame (Figura 2), que pode ser realizado sem tricotomia e com uso de álcool para acoplamento acústico, consiste na varredura de cinco áreas diferentes do tórax em decúbito lateral ou esternal.

No sítio torácico, avaliado em ambos hemitórax direito e esquerdo, a sonda é mantida na posição estacionária longitudinal para avaliar a presença de sinal de deslizamento das pleuras, presença linhas B, triagem de pneumotórax e pesquisa de doença pulmonar. No sítio pericárdico, avaliado em ambos hemitórax, o transdutor percorre os eixos maior e menor do coração para avaliar a presença de líquido pleural e pericárdico. Já no sítio diafragmático-hepático, o fígado e a vesícula biliar são utilizados como janela acústica para o espaço pleural e pericárdico. A comparação com as janelas dos demais sítios é utilizada. Em todos os sítios avaliados, a sonda percorre os planos tanto no sentido transversal quanto longitudinal (Boysen e Lisciandro, 2013).

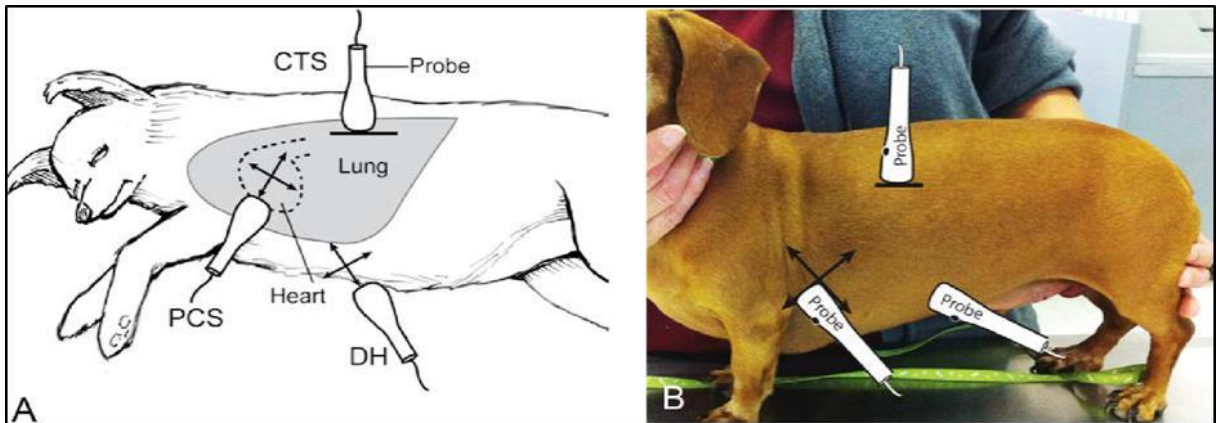


Figura 2. Imagem ilustrativa e fotográfica do posicionamento do transdutor durante o exame TFAST³ em cinco pontos. A: Cão em decúbito lateral. CTS: sítio torácico, PCS: sítio pericárdico, DH: sítio diafragmático-hepático. B: Cão posicionado em estação. Os marcadores (pontos pretos) no transdutor indicam direção cranial para orientação no monitor. Fonte: Lisciandro, 2014.

O Vet BLUE (Bedside Lung Ultrasound Examination) (“azul” em referência à cianose) é uma técnica ultrassonográfica rápida para avaliação de tórax de pacientes com alterações respiratórias. A técnica é recomendada para triagem, pois sugere uma possível diferenciação entre alterações entre respiratórias e não respiratórias. No caso da alteração de origem não respiratória, é possível direcionar o exame (Boysen e Lisciandro, 2013). O princípio básico é baseado na avaliação da presença de linhas A, linhas B e sinal de deslizamento entre as pleuras, que gera escores associados. Dessa forma, é possível detectar contusão pulmonar em pacientes traumatizados e diferenciar edema pulmonar cardiogênico de não cardiogênico em pacientes que não sofreram trauma.

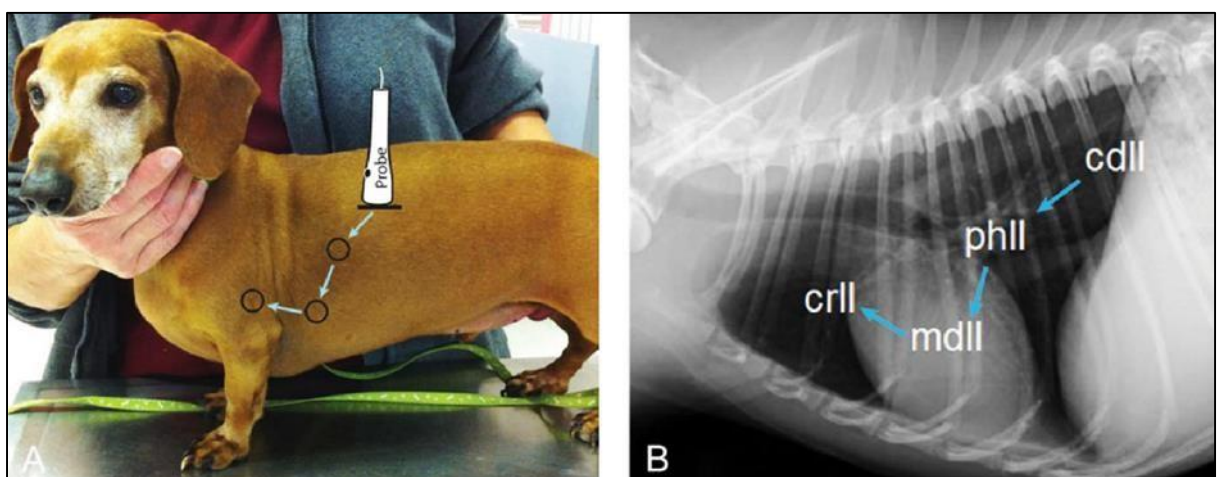


Figura 3. Imagem fotográfica e radiográfica ilustrando a técnica de varredura “Vet BLUE” relacionada com radiografia lateral torácica. A: Fotografia ilustrando o posicionamento da sonda em locais pré-determinados. B: Imagem radiográfica do tórax. cdll: região de lobo pulmonar caudodorsal; phll: região de lobo pulmonar perihilar (perihilar); mdll: região de lobo pulmonar medial; crll: região de lobo pulmonar cranial. O exame é repetido no hemitórax oposto. Fonte: Lisciandro, 2014.

Na técnica Vet BLUE, o ajuste de profundidade do transdutor fica entre quatro e seis centímetros, sendo avaliadas quatro regiões em cada hemitórax, que recebem escore individual (Figura 3). A varredura inicia no sítio caudodorsal, no terço superior do tórax entre oitavo e nono Espaços Intercostais (EI), passa para o sítio perihilar, no terço central do tórax entre sexto e sétimo EI, após para a região do lobo pulmonar médio, no terço inferior do tórax entre quarto e quinto EI e finalmente para a região do lobo pulmonar cranial, a qual fica localizada entre o segundo e terceiro EI, sendo necessário tracionar o membro torácico cranialmente. As regiões nomeadas não condizem necessariamente com os lobos anatômicos reais do pulmão (Lisciandro, 2014).

2.5. Sinais ultrassonográficos normais e anormais

Ao se realizar uma abordagem intercostal longitudinal se visualiza o chamado *gator sign*, que é uma imagem que se assemelha a um jacaré, parcialmente submerso, espiando sobre a água, de frente para o examinador. Esta imagem é formada por uma linha hiperecogênica, derivada da pleura parietal (Linha PP), e pelo sombreamento acústico originado da atenuação de imagem causada pelas costelas, formando assim a imagem de dois olhos e a ponte nasal de um jacaré (Figura 4). Esta formação é caracterizada como pulmão normal (Lisciandro et al., 2014).

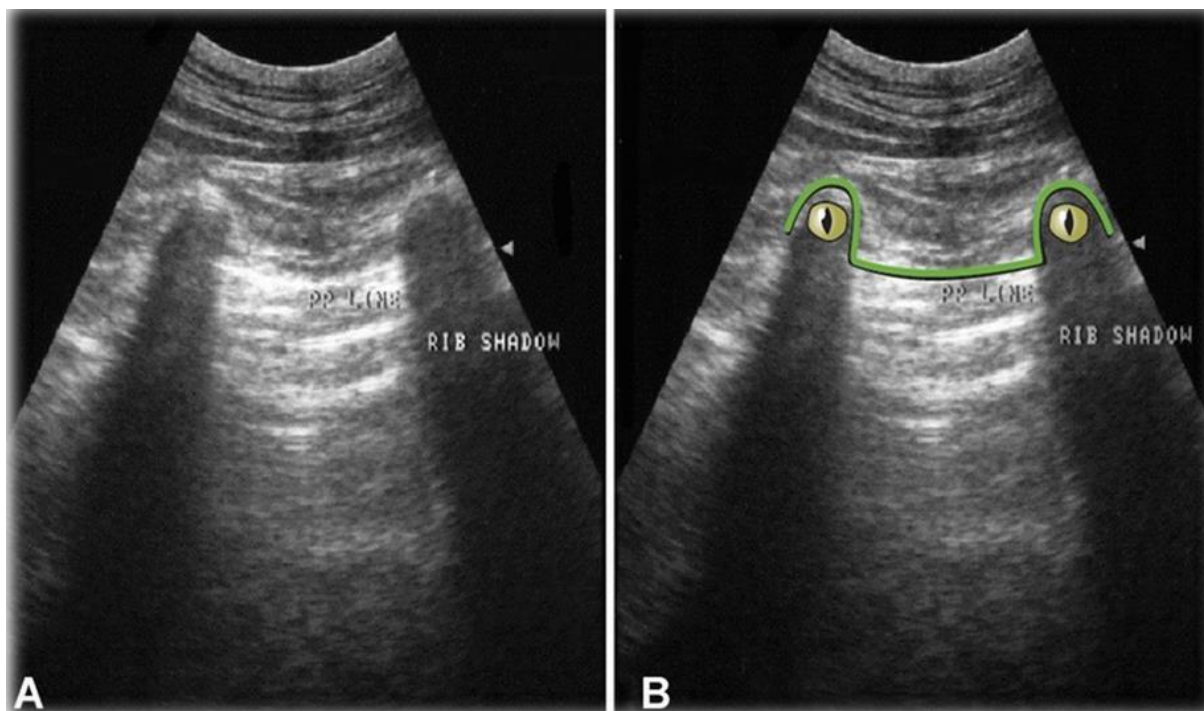


Figura 4. Imagem ultrassonográfica formada pelo sombreado acústico originado das costelas e pela linha hiperecogênica originada da pleura parietal. Fonte: adaptado de Lisciandro et al., 2014.

O pulmão normal, referido como pulmão seco é caracterizado pelo do sinal de deslizamento, definido como o movimento de vai-e-vem do pulmão ao longo da parede torácica representada pela linha PP, associado a presença do artefato de reverberação de ar se estendendo além da linha PP como linhas paralelas equidistantes chamadas de linhas A que são as formações do artefato de reverberação entre a interface do tecido e do transdutor. (Lisciandro, 2014). As linhas A são visibilizadas como várias linhas hiperecogênicas horizontais (Figura 5) e podem caracterizar a imagem de um pulmão normal ou de um pneumotórax (Lichtenstein, 2009). Neste caso o pneumotórax (PTX) é diferenciado do pulmão normal pela presença de linhas A sem o sinal do deslizamento. Em humanos, devido a necessidade da documentação de imagens estáticas de PTX resultou-se o uso de diagnóstico também no modo M (Lisciandro, 2014).

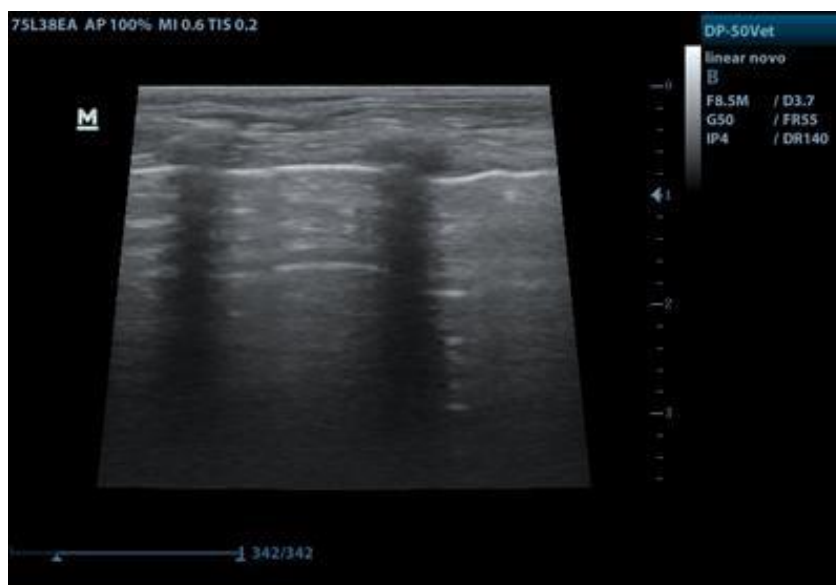


Figura 5. Imagem em modo-B de pulmão sem afecções e na presença de pneumotórax são idênticas. Presença de linhas A (seta) Fonte: Arquivo Pessoal.

Quando se utiliza este modo de exibição de ecos Modo M (modo movimento), são visibilizadas linhas horizontais superficiais próximas ao transdutor originadas de camadas superficiais imóveis e, distal ao transdutor, o padrão de areia é gerado devido à movimentação do pulmão normal (Figura 6).

Em casos de pneumotórax, este padrão de areia não é visibilizado, já que não há deslizamento pulmonar. Ao padrão com ausência de deslizamento pulmonar se dá o nome de sinal de estratosfera ou de sinal de código de barra (Figura 7). O modo M não é confiável como na medicina devido ao movimento excessivo do paciente e falta de controle da respiração dos pequenos animais, o que não ocorre em pacientes humanos. Essa técnica, no entanto, pode ser útil em cães e gatos que são intubados ou submetidos a ventilação controlada (Lichtenstein e Mezière, 2008; Lisciandro, 2011).

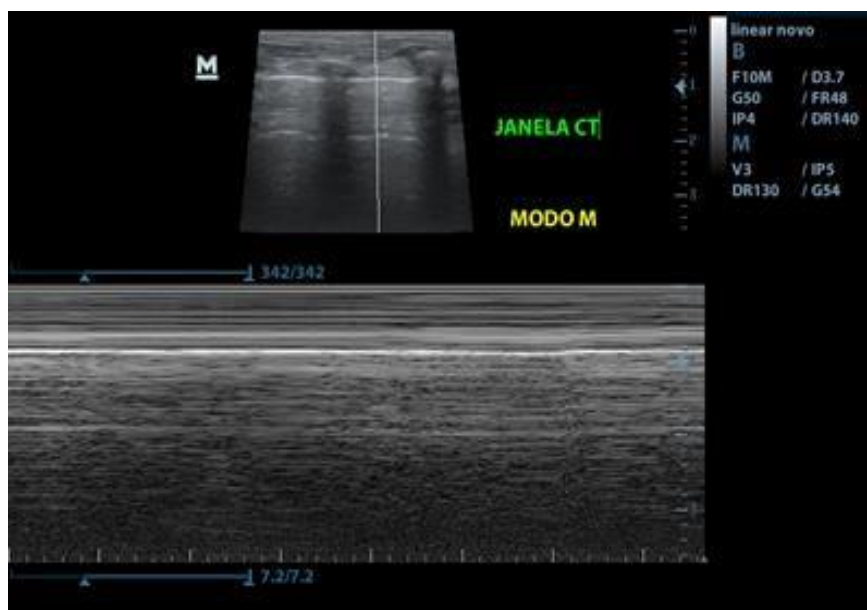


Figura 6. Imagem em modo M do sinal à beira-mar descartando pneumotórax Observação das linhas A na imagem em modo-B (Figura 5, D) e a granulação na imagem em modo M (Figura 7), comparadas a uma praia de areia. Fonte: Arquivo Pessoal

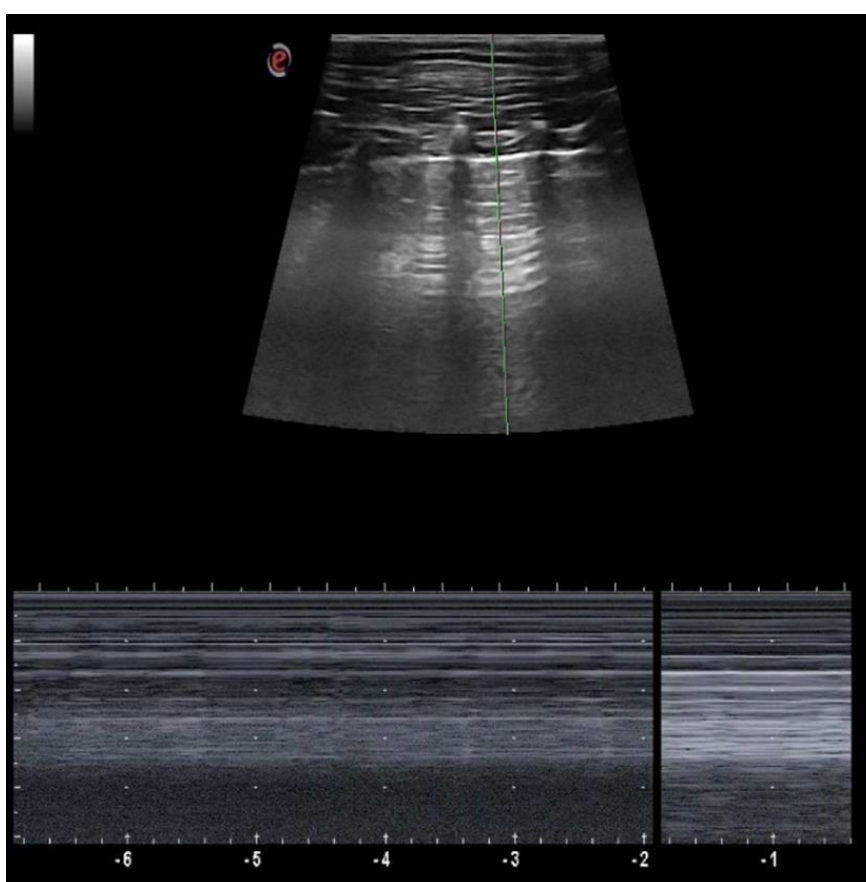


Figura 7. Imagem sugestiva de Pneumotórax. Imagem em modo M do sinal do código de barras, também conhecido como sinal da estratosfera, Em contraste com (Figura 6, A). Fonte: Setor de diagnóstico por imagem da Unesp FCAV-Jaboticabal

O pulmão em estado patológico, também denominado “pulmão molhado” é representado por foguetes pulmonares, Ultrasound lung rocks (ULRs), as chamadas linhas B, ou artefato em cauda de cometa, caracterizam um pulmão em estado patológico, como edema pulmonar, doenças intersticiais crônicas entre outras e exclui o diagnóstico de pneumotórax (Chan, 2003). As linhas B são definidas como linhas hiperecoicas semelhantes a laser que não desaparecem e se originam da linha PP ou da superfície pulmonar. Estas movem-se para um lado e para o outro, oscilando com inspiração e expiração, e devem se estender até o campo distante, obliterando as linhas A (Lisciandro, 2014).

A maioria das condições de pulmão úmido clinicamente relevantes no cenário de cuidados agudos incluem edema pulmonar cardiogênico e não cardiogênico, contusões pulmonares, hemorragia pulmonar e pneumonias agudas (Figura 8 e 9). A distribuição regional de ULRs ajuda a discriminar entre essas condições. Em cães e gatos sem doença respiratória, os foguetes pulmonares são detectados em números baixos. Este artefato é encontrado no último espaço intercostal de pacientes normais ou não são detectados durante um exame Vet BLUE (Lichtenstein et al., 1997; Pate, 2010; Lisciandro, 2013).

As linhas B são sentinelas da evolução do edema pulmonar porque geralmente representam edema intersticial em pacientes não traumáticos, referido como síndrome intersticial (e em pacientes com trauma sugerem contusão).

As ULRs ocorrem antes do desenvolvimento de alagamento alveolar (que é mais grave) e consolidação pulmonar subsequente. Ao reconhecer sua presença, o médico tem a oportunidade de modificar o curso clínico (ou investigar a causa) antes que os sinais clínicos sejam evidentes e o paciente descompense. O pulmão úmido só é aparente se a condição se estende à periferia do pulmão.

A consolidação pulmonar localizada centralmente (mais profunda) pode não ser visibilizada utilizando-se a técnica do ultrassom pulmonar (Lisciandro, 2014).

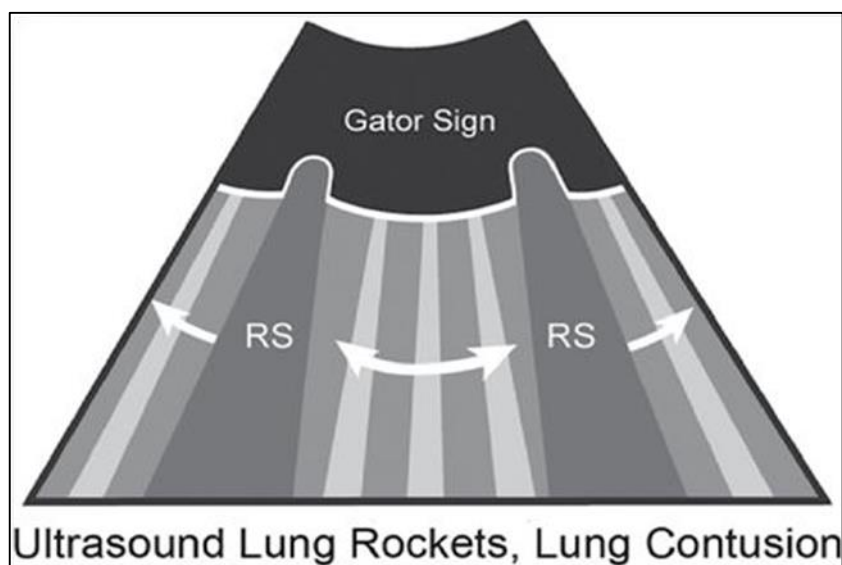


Figura 8. Desenho de linha correlacionando ULRs, também chamado de linhas B que rapidamente descartam pneumotórax. Fonte: Lisciandro, 2014.



Figura 9. Desenho de linha correlacionando ULRs, também chamado de linhas B que rapidamente descartam pneumotórax. Fonte: Lisciandro, 2014.

Além da técnica Vet BLUE proporcionar avaliação da presença de linhas A, linhas B e sinal de deslizamento já descritos, ele também contribui com formação de imagens de nódulos pulmonares, sinais de fragmentação que sugerem consolidação pulmonar significativa e ainda sinal do tecido, sendo este associado a consolidação pulmonar grave, também denominado de hepatização pulmonar por alguns autores, achados estes que serão descritos mais detalhadamente a seguir.

O sinal do nódulo geralmente aparece como um sinal focal. Os nódulos podem variar em tamanho de milímetros a alguns centímetros e ocorrem isoladamente ou em grandes números (Figura 10 e 11). Em alguns casos, nódulos podem estar associados a inflamação nas proximidades (edema, hemorragia) e portanto, estar associados a ULRs. O sinal do nódulo é apenas ultrassonograficamente aparente se os nódulos estiverem localizados na periferia do pulmão. As lesões localizadas centralmente (mais profundos) serão ocultas usando ultrassom pulmonar (Lisciandro, 2014).

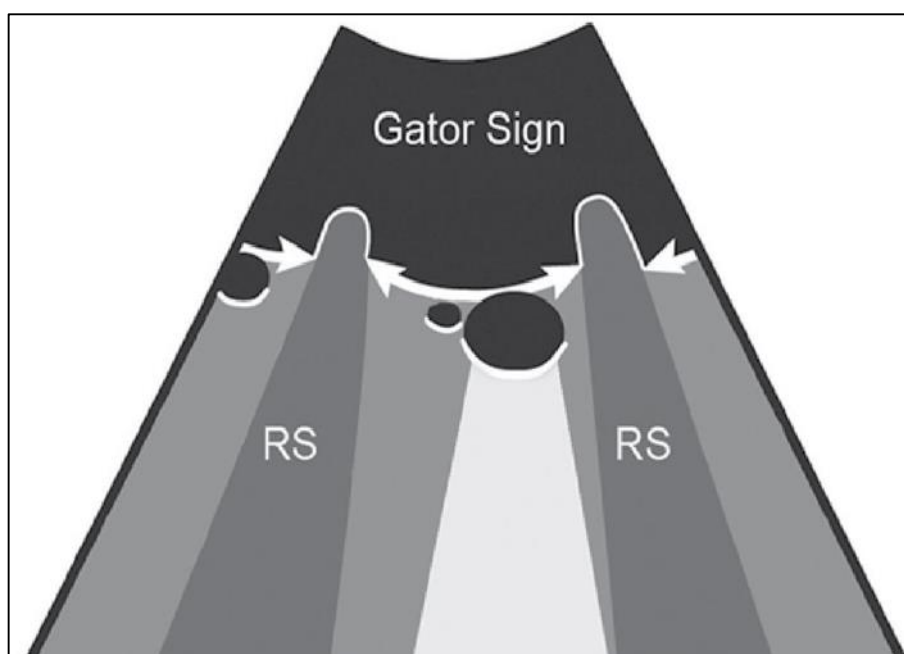


Figura 10. Desenho de linha representando o sinal do nódulo como um desvio da continuidade linear da linha PP. Fonte: Lisciandro, 2014.



Figura 11. Imagem em modo-B correlacionada aos nódulos em doença metastática. Fonte: Arquivo Pessoal.

O sinal de fragmentação ou sinal do retalho é definido como um desvio significativo da continuidade linear hiperecoica da linha PP por tecido hipoeicoico e eco pobre indicando consolidação pulmonar periférica (Figura 12). Dentro do sinal do retalho, focos hiperecoicos (pulmão parcialmente aerado), ULRs e pequenas caudas de cometas minimamente móveis (não verdadeiros ULRs porque eles não se estendem ao campo distante) podem estar presentes (Lisicandro, 2014). De um modo geral, o sinal de fragmento representa consolidação pulmonar significativa com algum grau de aeração, de várias causas, incluindo significativa hemorragia pulmonar, pneumonia, edema pulmonar cardiogênico e não cardiogênico, condições neoplásicas e doença tromboembólica pulmonar grave, como mostrado em pessoas (Volpicelli, 2012). O sinal de fragmentação em tempo real é comparado a uma tempestade rolando com suas nuvens de trovoadas (artefatos de fragmentação e aeração) e seus relâmpagos (ULRs). O sinal de retalho só é visível se a consolidação pulmonar se estender até a periferia pulmonar (Lisicandro, 2014).

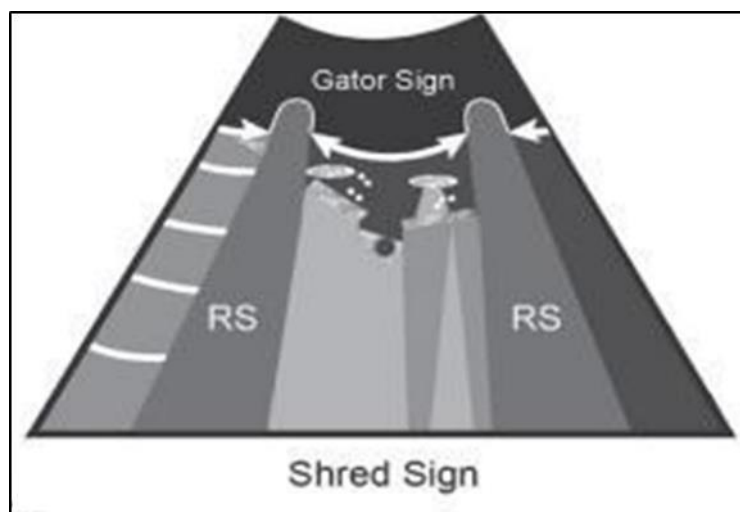


Figura 12. Desenho de linha representando o sinal de fragmentação como um desvio de continuidade linear esperado da linha PP. Dentro do fragmento estão graus variáveis de caudas de cometa ou artefatos de reverberação do ar (ULRs), indicativos de algum grau de aeração pulmonar. Fonte: Lisciandro, 2014.

O sinal tecidual (Figura 13) representa uma consolidação pulmonar mais grave com a completa ausência de pulmão aerado (vias aéreas estão cheias de líquido) com uma aparência ultrassonográfica do pulmão semelhante ao sinal do fragmento (Figura 12). O sinal tecidual tem sido referido como hepatização pulmonar em alguns textos de ultrassonografia veterinária (Nyland, 2002; Penninck, 2008). Este é um sinal mais grave de consolidação do que o sinal de fragmentação porque o pulmão não possui aeração. Distinguir o sinal do fragmento do sinal tecidual pode ser difícil e clinicamente irrelevante em muitos casos. Esta alteração bem como as supracitadas anteriormente será aparente apenas se a consolidação ocorrer na periferia pulmonar (Lisciandro, 2014).

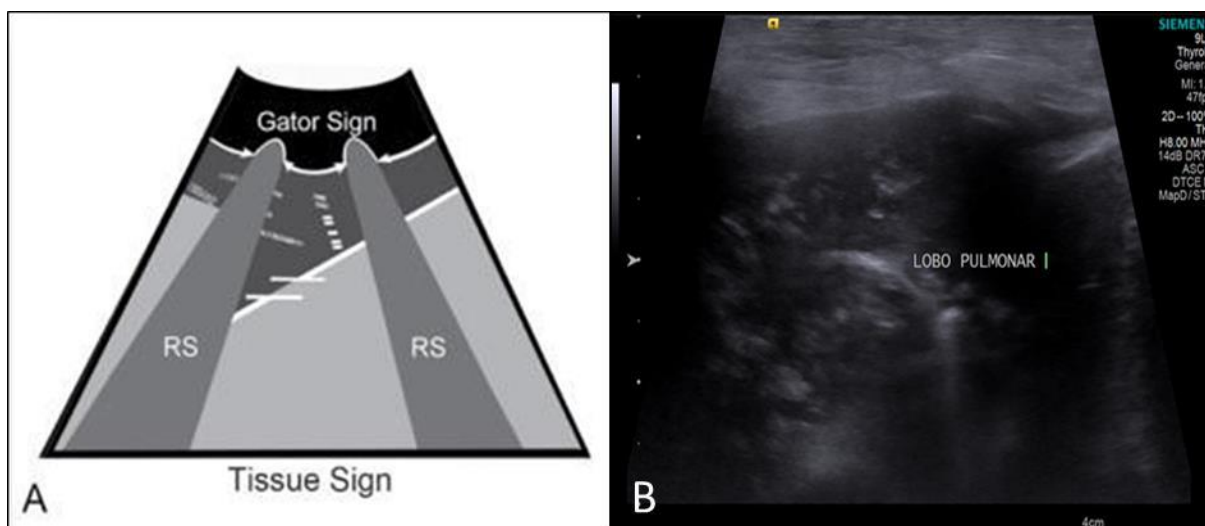


Figura 13. Desenho e imagem radiográfica de sinal tecidual, consolidação pulmonar sem aeração. A: Desenho de linha representando o sinal de tecido como um desvio da continuidade linear esperada da linha PP. Dentro do sinal de tecido não há caudas de cometa, artefatos de ação de reverberação de ar (ULRs) devido à completa falta de aeração no pulmão severamente consolidado. O termo hepatização tem usado para descrever tal pulmão, B: Correlação com imagem em modo-B do sinal de tecido. Fonte:Arquivo Pessoal.

A ultrassonografia pulmonar apesar de detectar várias anormalidades torácicas e auxiliar em diagnósticos, ainda é pouco acurada na diferenciação de várias patologias (ex. pneumonia fúngica, processos neoplásicos difusos e abscessos crônicos, sendo muitas vezes necessária a utilização de técnicas invasivas para conclusão diagnóstica. Neste contexto, a inclusão de novos métodos ultrassonográficos incrementa o detalhamento na avaliação de aspectos morfofuncionais e de tecidos anormais como a rigidez, avaliada pela elastografia proposta neste estudo, a qual pode aumentar a acurácia diagnóstica da ultrassonografia pulmonar (Assis e Feliciano, 2019).

2.6. Elastografia

Desde os tempos do médico grego Hipócrates (460 - 370 a.C), a palpação era empregada como um método para examinar a rigidez do tecido mole de pacientes. Os médicos acreditavam que a alteração da rigidez de uma determinada região indicava que havia uma lesão no órgão avaliado. Ao realizar a palpação em um determinado órgão, como por exemplo, uma mama, o avaliador sente que as lesões malignas tendem a ser mais rígidas do que as lesões benignas e o tecido saudável. No entanto, essa diferença é subjetiva, pois depende da experiência do médico e,

muitas vezes, a lesão está localizada em uma região difícil de avaliar (Tanter et al., 2008). Dessa forma observa-se a importância do desenvolvimento de um método capaz de quantificar a rigidez do tecido, com potencial para diferenciar lesões benignas de malignas e regiões saudáveis.

A elastografia que teve seu surgimento na década passada é um método de imagem associado à ultrassonografia convencional que fornece um conjunto de informações sobre a propriedade acústica e mecânica de uma área de interesse em relação ao tecido adjacente (Carvalho e Chamas, 2013). É uma técnica que avalia informações sobre a elasticidade e rigidez do tecido pela compressão do mesmo sob pressão externa (Ophir et al., 1991; Garcia et al., 2015). A propriedade mecânica dos tecidos está correlacionada a sua constituição molecular, sendo que a presença de fibras de colágeno, elastina, água e moléculas de gordura fornecem atributos específicos da elasticidade e rigidez desse tecido frente as forças nele exercidas (Konofagou, 2004). Existem diferentes técnicas para estudar essas propriedades mecânicas e processá-las no formato de imagem para utilização diagnóstica (Hoskins, 2012)

As técnicas elastográficas disponíveis em equipamentos de ultrassom comerciais são: quaseestática (EQE), transitória (ET), supersonic shearwave imaging (SSI) e Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) (Costa Junior et al., 2019).

Na elastografia quase estática, a qual também é conhecida como elastografia compressiva. Inicialmente, o operador utiliza apenas o modo B do equipamento para posicionar o transdutor ultrassônico sobre uma determinada região do tecido biológico e em seguida, ativa o modo elastografia e aplica uma pequena compressão uniforme sobre o tecido (Costa Junior et al., 2019).

O equipamento registra os sinais ultrassônicos correspondentes as ondas retroespalhadas pelo meio, antes e depois da compressão ser aplicada sobre ele (Ophir et al., 1991).

Nesse tipo de equipamento, o deslocamento relativo é exibido em uma imagem colorida e em tempo real. Em geral, os tecidos mais rígidos são exibidos em azul, enquanto os tecidos mais facilmente deformados são apresentados na cor vermelha. Em muitos equipamentos essa escala de cores pode ser modificada (Costa Junior et al., 2019).

Alguns equipamentos de EQE incluem o módulo de medida da Taxa de Deformação Relativa (Strain Ratio measurement), o qual possibilita quantificar a razão entre o strain obtido em uma ROI posicionada em uma região com suspeita de lesão e o strain calculado em uma ROI posicionada no tecido de referência (tecido saudável próximo a lesão) (Costa Junior et al., 2019).

A técnica de elastografia compressiva apresenta melhor definição dos contornos das lesões, além do custo dos equipamentos que são relativamente baixos, além de não gerar lesões térmicas e/ou mecânicas no paciente pois não há aplicação de força de radiação acústica (Palmeri e Nightingale, 2004). Por outro lado, os equipamentos só fornecem informações qualitativas (mapa da deformação relativa) ou semiquantitativas (taxa de deformação) do deslocamento relativo uma vez que a pressão manual aplicada é desconhecida e operador dependente, limitando a confiabilidade dos resultados (Drakonaki et al., 2009, Lima et al., 2018). Outra limitação da técnica é a formação de artefatos de imagem proveniente da compressão do tecido (DeWall, 2013) e a capacidade de avaliar apenas tecidos superficiais (Gennisson et al., 2013).

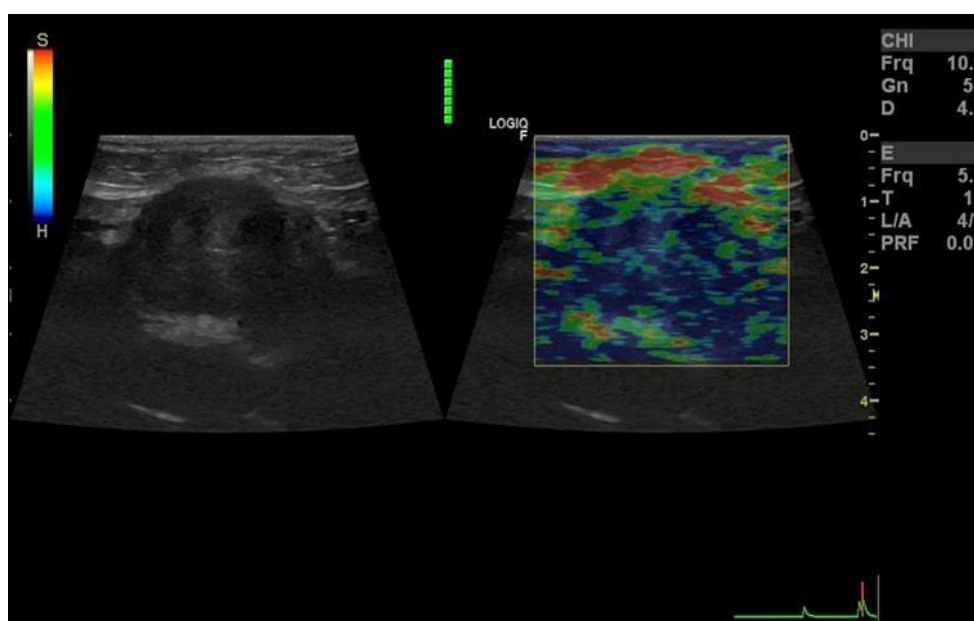


Figura 14. Imagem ultrassonográfica e elastográfica de massa na tireoide de cão. Na imagem da esquerda, nodulação com ecogenicidade mista e ecotextura heterogênea, com contornos discretamente irregulares e não invasiva; ao lado direito, elastograma da massa, demonstrando predominância de tonalidades azuis escuras, indicando aumento da rigidez tecidual quando comparado com tecido adjacente (tecido mole com tonalidades avermelhadas - menos rígido)
Fonte: Imagem cedida gentilmente pelo Prof. Dr. Marcus Antonio Rossi Feliciano

Em 2003, Sandrin et al apresentou um novo método não invasivo para estimar a viscosidade do tecido biológico, denominado elastografia transitória. (ET). O princípio da técnica consiste na vibração de baixa frequência (50Hz) produzida por um transdutor, geralmente com frequência de 3,5 MHz e diâmetro de 7 mm.

A propagação das ondas de cisalhamento induzidas pela vibração é monitorada por meio da utilização de um sistema ultrassônico operando no modo pulso eco. Os sinais ultrassônicos captados pelo transdutor contêm dados relacionados a rigidez do meio de propagação, desta forma é gerado um mapa da propagação da onda de cisalhamento em função da profundidade e do tempo de propagação da onda. A partir deste mapa é calculada a velocidade da onda de cisalhamento sendo esta estimada em kilopascal (Kpa) (Costa Junior et al., 2019).

Uma das principais vantagens do método elastográfico baseado em ET é que ele é capaz de gerar ondas de cisalhamento com grandes amplitudes, o que possibilita estimar a rigidez do tecido com maior precisão do que as técnicas baseadas em radiação acústica (Sarvazyan et al., 2011).

Por outro lado, essa técnica apresenta limitações quando empregada na avaliação de pacientes com camada espessa de tecido adiposo (Castera et al., 2010, Jeong et al., 2014, Zaleska-Dorobisz et al., 2014) e com ascite (Doherty et al., 2013, Jeong et al., 2014, Zaleska –Dorobisz et al., 2014). Nesses casos não é recomendada sua utilização, além do equipamento não operar no modo B, o que é essencial para visualização de órgãos/ lesões que se pretende avaliar com o modo elastográfico.



Figura 15. Exemplo de imagem, exibida pelo Fibroscan de um tecido hepático humano. Note a imagem no modo A (à esquerda, o sinal ultrassônico retroespalhado pelo tecido em função do tempo (central) e um mapa da propagação da onda de cisalhamento com a reta indicativa da frente de onda (à direita). Abaixo das imagens observamos o valor do CAPTM (216dB/m) e a mediana do módulo de Young(6,5kPa) Fonte: Costa Junior et al., 2019.

Outro exemplo de técnica para avaliação com elastografia é o método elastográfico dinâmico denominado Supersonic Shear Imaging (SSI), por meio da força de radiação acústica e não operador dependente; o sistema ultrassônico excita um transdutor captando uma imagem ultrassônica do meio para ser utilizada como referência, em seguida a prob gera força de radiação acústica em profundidades distintas, sucessivamente, assim ondas de cisalhamento são geradas e o equipamento estuda a propagação das frentes de onda de cisalhamento, as quais são empregadas para estimar a velocidade dessa onda (Costa Junior et al., 2019).

Quando o modo elastográfico é ativado, são exibidas imagens modo –B e a ROI retangular selecionada pelo operador (tamanho e posição) é sobreposta a uma dessas imagens. A ROI apresenta um mapa em cores relacionado a rigidez do tecido.

Assim é possível verificar simultaneamente a estrutura tecidual e sua rigidez. Para quantificar a rigidez é necessário ativar e posicionar Q-box nas ROIs, os Q-box são circulares, apresentando uma ampla escala de valores de rigidez (0-800 KPa) o diâmetro pode ser ajustado e é possível visibilizado o diâmetro e a profundidade em que ele foi posicionado na imagem (Costa Junior et al., 2019).

As principais vantagens desse método são: imagens com alta resolução e possibilidade de assim como a ARFI utilizar outros recursos ultrassonográficos como por exemplo o modo B e doppler colorido, antes da realização do exame elastográfico (Costa Junior et al., 2019). Uma desvantagem é que os equipamentos geradores de onda de cisalhamento com pequenas amplitudes possuem custo elevado.

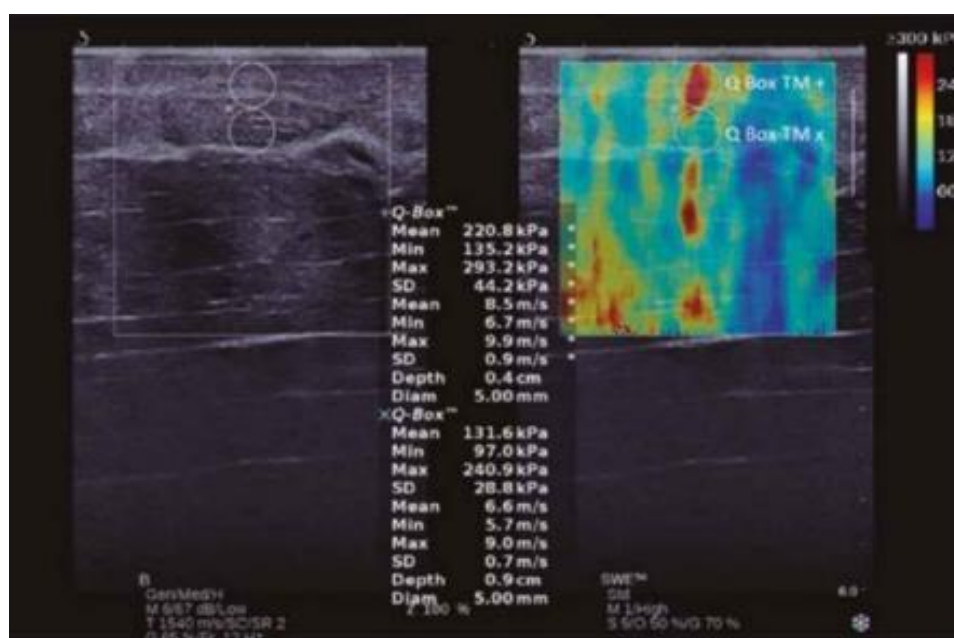


Figura 16. Imagem de uma amostra de tecido muscular bovino obtida com um equipamento elastográfico baseado no método SSI. A escala de cores varia de 0 a 300 kPa (azul a vermelho, respectivamente). Note que dois QboxTM de diâmetros iguais a 5 mm foram selecionados na imagem elastográfica em profundidades distintas (0,4 e 0,9 cm), gerando respectivos valores do módulo Young (média, desvio padrão, máximo, mínimo). Fonte: Programa de Engenharia Biomédica – COPPE/UFRJ.

O Foco deste estudo foi a técnica de elastografia ARFI; uma técnica capaz de fornecer medidas quantitativas e qualitativas da rigidez tecidual com mínima variabilidade entre observadores, pois a força de compressão é constante por ser produzida diretamente pelo aparelho. Para avaliação qualitativa, este método utiliza impulsos acústicos curtos e de alta intensidade que podem ou não deformar os

tecidos, criando um mapa estático (elastograma) da rigidez tecidual relativa para ser comparado com a imagem modo-B correspondente. Este mapa está disponível em escalas coloridas ou cinzas. De forma geral, as áreas mais claras (tonalidades azuladas) representam tecidos mais deformáveis, ou seja, menos rígidos que as áreas escuras (tonalidades avermelhadas) (Goddi et al., 2012).

A avaliação quantitativa ARFI utiliza um impulso acústico primário em direção à região de interesse, promovendo a formação de ondas de pressão em propagação capazes de deformar os tecidos e posteriormente capta a velocidade de propagação das ondas derivadas dessa pressão ou ondas de cisalhamento. Esta velocidade de propagação e a atenuação das ondas estão relacionadas com a rigidez e viscoelasticidade dos tecidos, sendo o seu valor (m/s) diretamente proporcional com a dureza destes (Comstock, 2011).

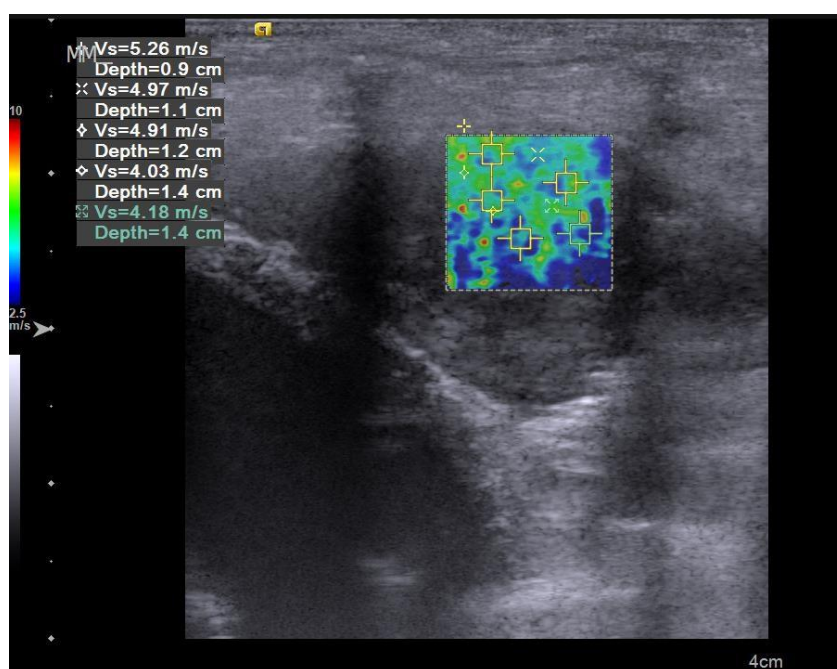


Figura 17. Imagem obtida pelo equipamento elastográfico SIEMENS ACUSON S2000™ com o modo ARFI ativado, com 5 ROIs posicionados na imagem elastográfica gerando valores de velocidade da onda de cisalhamento em diferentes profundidades. A escala de cores (elastograma) varia do azul ao vermelho, representando de menores a maiores valores de rigidez; é avaliado na imagem uma formação pulmonar em topografia lobo pulmonar cranial, próxima ao coração. Fonte: Arquivo Pessoal.

Em veterinária, o uso da elastografia ARFI é recente e experimental, sendo utilizada na avaliação de neoplasias mamárias em cadelas, padronização de valores

de referência para avaliação hepática, renal e esplênica em caninos adultos (Holdsworth et al., 2014), baço de gatos adultos, próstata e testículos de cães (Feliciano et al., 2014, 2015) e rim de gatos (Garcia et al., 2015).

2.7. Elastografia pulmonar

Em medicina, estudos recentes demonstram a aplicabilidade da elastografia na avaliação de alterações pulmonares (intersticiais e parenquimatosas). Foi realizado por Sperandeo et al. (2015) um estudo preliminar utilizando a avaliação elastográfica compressiva em pacientes humanos com consolidação pulmonar secundária a pneumonia e neoplasias, onde padrões elastográficos foram determinados de acordo com a distribuição e porcentagem do mapa de cores nos nódulos subpleurais, sendo atribuída uma escala de 1 a 5, onde foi marcado de 1 (maior elasticidade) a 5 (sem elasticidade) na região dos nódulos e foi comparado este resultados com os de biópsia, verificando maior rigidez pulmonar na neoplasia do que na pneumonia, (4,19 $\pm$ 0,55 vs. 2,35 $\pm$ 0,48; $P < 0,0001$), os autores concluíram que embora a elastografia ainda seja limitada em relação a caracterização das massas, esta pode fornecer informações sobre a rigidez melhorando assim precisão e rendimento diagnóstico da PAAF.

De modo complementar ao estudo supracitado, Lim et al. (2017) verificaram taxas de deformação tecidual diferentes em tecidos pulmonares com necrose, atelectasia, consolidação, pneumonia e neoplasias (aumento crescente de rigidez nesta ordem) e entre as neoplasias primárias e metastáticas (menos rígidas que as primárias), permitindo demonstrar que a elastografia compressiva pulmonar auxilia na diferenciação dos tecidos benignos de malignos e ainda entre alguns tipos de neoplasias.

Além dos trabalhos já mencionados anteriormente, Wei et al. (2018), descreveu a utilização da ARFI no estudo de tecidos pulmonares verificando velocidades de cisalhamento maiores em lesões pulmonares malignas ($2,47 \pm 0,92$ m/s) do que em benignas ($1,85 \pm 0,92$ m/s) os autores mencionados compararam ainda, as técnicas elastográficas entre si, observando maior eficácia da velocidade de cisalhamento da técnica ARFI na distinção entre tumores malignos de lesões benignas do que a elastografia compressiva.

De modo semelhante, Ozgokce et al. (2018) verificaram os mesmos resultados e propuseram o valor de corte para malignidade de 2,47 m/s com acurácia diagnóstica de 97,7% e a possibilidade da técnica na diferenciação do tipo tumoral, observando valores maiores para tumores metastáticos (4,12 m/s) do que primários (3,34 m/s). Neste contexto e com base aos resultados encontrados em humanos, a elastografia se apresenta como uma alternativa que pode incrementar a acurácia e especificidade diagnóstica nas enfermidades pulmonares em cães.

3. REFERÊNCIAS

- AKERS, R. M. Respiratory System. In: AKERS, R. M.; DENBOW, D. M. Anatomy and physiology of domestic animals, 2nd edit. Singapore: **Markono Print Media Pte Ltd**, 2013. p 421-430.
- ASSIS, A. R.; FELICIANO, M. A. R. Ultrassonografia torácica extracardíaca. In: FELICIANO, M. A. R.; ASSIS, A. R.; VICENTE, W. R. R. (Eds). Ultrassonografia em cães e gatos. São Paulo: **MedVet**, 2019. cap.14, p.426-474.
- BACHA, W. J.; BACHA, L. M. **Atlas colorido de histologia veterinária**. Roca, 2003.
- BARR, F.; GASCHEN, L. BSAVA manual of Canine and Feline Ultrasonography. **British Small Animal Veterinary Association**, 2011.
- BELLO, A. M. et al. Pulmonary carcinoma associated with cystic airspaces in two dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 63, n. 6, p. 486-491, 2022.
- BERCOFF, J.; TANTER, M.; FINK, M. Supersonic shear imaging: a new technique for soft tissue elasticity mapping. **IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control**, v. 51, n. 4, p. 396-409, 2004.
- BOYSEN, S. Interventional Ultrasound-Guided Procedures. In: LISCIANDRO, G. R. Focused Ultrasound Techniques for the Small Animal Practitioner. Reino Unido: **Wiley Blackwell**, 2014. Cap. 17. p. 286-303.
- BOYSEN, S. R.; LISCIANDRO, G. R. The use of ultrasound for dogs and cats in the emergency room: AFAST and TFAST. **Veterinary Clinics: Small Animal Practice**, v. 43, n. 4, p. 773-797, 2013.
- BURK, R. L.; NORMAN, A. Small animal radiology and ultrasonography: a diagnostic atlas and text. No. Ed. 2. **WB Saunders Co.**, 1996.
- CARVALHO, C. F.; CHAMMAS, M. C. Elastografia uma nova tecnologia associada à ultrassonografia. **Clínica Veterinária**, p. 62-70, 2013.
- CASTÉRA, L. et al. Pitfalls of liver stiffness measurement: a 5-year prospective study of 13,369 examinations. **Hepatology**, v. 51, n. 3, p. 828-835, 2010.
- CHAN, S. S. W. Emergency bedside ultrasound to detect pneumothorax. **Academic emergency medicine**, v. 10, n. 1, p. 91-94, 2003.
- COMSTOCK, C. Ultrasound elastography of breast lesions. **Ultrasound Clinics**, v.6, p.407-415, 2011.
- COSTA JUNIOR, J. F. S.; LIMA, K. M. M.; PEREIRA, W. C. A. Elastografia ultrassônica: conceito, princípios de funcionamento, aplicações clínicas e impacto na sociedade In: LEITE, C. R. M.; REIS, C. A.; BINSFELD, P. C.; ROSA, S. S. R. F.

(org.). Novas tecnologias aplicadas à saúde: desenvolvimento de sistemas dinâmicos: conceitos, aplicações e utilização de técnicas inteligentes e regulação. Mossoró - RN: **EDUERN**, 2019. Cap. 8. p. 145-172.

COUTO, C. G. Distúrbios do parênquima pulmonar. In: NELSON, R. W.; COUTO, C. G. Medicina interna de pequenos animais. 2.ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 1998. p.241-243.

CULP, W. T. N.; REBHUN, R. B. Tumors of the respiratory system. In: WITHROW, S. J.; VAIL, D. M.; PAGE, R. L. Small Animal Clinical Oncology, 5 th edit. Missouri: **Saunders**, 2013. p 453-462.

DE LUCA, C. et al. Use of chest sonography in acute-care radiology. **Journal of Ultrasound**, v. 11, n. 4, p. 125-134, 2008.

DEWALL, R. J. Ultrasound elastography: principles, techniques, and clinical applications. **Critical Reviews™ in Biomedical Engineering**, v. 41, n. 1, 2013.

DOHERTY, J. R. et al. Acoustic radiation force elasticity imaging in diagnostic ultrasound. **IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control**, v. 60, n. 4, p. 685-701, 2013.

DRAKONAKI, E. E.; ALLEN, G. M.; WILSON, D. J. Real-time ultrasound elastography of the normal Achilles tendon: reproducibility and pattern description. **Clinical radiology**, v. 64, n. 12, p. 1196-1202, 2009.

DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. O Tórax do Cão e do Gato. In: DYCE, K. M.; SACK, W. O.; WENSING, C. J. G. Tratado de Anatomia Veterinária, 4ª edição. Rio de Janeiro-RJ. **Elsevier Editora Ltda**, 2010. p 425-428.

ETTINGER, S. J.; FELDMAN, E. C.; CÔTÉ, E. Diseases of the Pulmonary Parenchyma. **Textbook of Veterinary Internal Medicine, 8ª edição**, p. 518-522, 2017.

FELICIANO, M. A. R. et al. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of the spleen in healthy adult cats—a preliminary study. **Journal of Small Animal Practice**, v. 56, n. 3, p. 180-183, 2015.

FELICIANO, M. A. R. et al. ARFI elastography as a complementary diagnostic method for mammary neoplasia in female dogs—preliminary results. **Journal of Small Animal Practice**, v. 55, n. 10, p. 504-508, 2014.

FERIAN, P. E. et al. Diagnóstico citológico de neoplasia pulmonar por meio de lavado broncoalveolar em uma cadela: relato de caso. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, p. 776-780, 2006.

FOSSUM, T. W. et al. Cirurgia do sistema respiratório inferior: cavidade pleural e diafragma. Cirurgia de Pequenos Animais. 3ª ed. **Roca**, São Paulo, p. 752-785, 2008.

GARCIA, P. H. S. et al. Acoustic radiation force impulse (ARFI) elastography of kidneys in healthy adult cats: preliminary results. **Journal of Small Animal Practice**, v. 56, n. 8, p. 505-509, 2015.

GENNISSON, J. L. et al. Ultrasound elastography: principles and techniques. **Diagnostic and interventional imaging**, v. 94, n. 5, p. 487-495, 2013.

GETTY, R. Sistema respiratório geral. In: SISSON, S.; GROSSMAN, J. D.; GETTY, R.

Anatomia dos Animais Domésticos, 5 ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 1986. 2v, p 126-135.

GODDI, A.; BONARDI, M.; ALESSI, S. Breast elastography: a literature review. **Journal of ultrasound**, v. 15, n. 3, p. 192-198, 2012.

HAWKINS, E. C. Distúrbios do sistema respiratório. In: COUTO, C.G.; NELSON, R. W. **Medicina interna de pequenos animais**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 207-350.

HAWKINS, E. C. Doenças do parênquima pulmonar. In: ETTINGER, S. J. Tratado de medicina interna veterinária. 5.ed. Rio de Janeiro: **Guanabara Koogan**, 2004. V. 2, p.1131- 1138

HECTH, S. Thorax. In: PENNINCK, D.; D'ANJOU, M. Atlas of small animal ultrasonography, Oxford: **Blackwell Publishing**, 2008. Cap.4, p.119-149

HOLDSWORTH, A. et al. Elastography of the normal canine liver, spleen and kidneys. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 6, p. 620-627, 2014.

HOSKINS, P. R. Principles of ultrasound elastography. **Ultrasound**, v. 20, n. 1, p. 815, 2012.

JEONG, W. K. et al. Principles and clinical application of ultrasound elastography for diffuse liver disease. **Ultrasonography**, v. 33

JUNG, C.; BOSTEDT, H. Thoracic ultrasonography technique in newborn calves and description of normal and pathological findings. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 45, n. 4, p. 331-335, 2004.

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

KONIG, H. E.; LIEBICH, H. G. Anatomia dos animais domésticos. 6ª ed. Porto Alegre: **Artmed Editora LTDA**, 2014. 824p.

KONIG, H. E.; LIEBICH, H.G. Sistema respiratório. In: KONIG, H. E.; LIEBICH, H.G. Anatomia dos Animais Domésticos, 4 ed. **Artmed Editora LTDA**, 2011. p 404-410.

KONOFAGOU, E. E. Quo vadis elasticity imaging?. **Ultrasonics**, v. 42, n. 1-9, p. 331-336, 2004.

LAMB, C. The canine lung: In: THRALL, D. E.; SAUNDERS, W. B. *Veterinary Diagnostic Radiology*. 4.ed. **Elsevier Health Sciences**, 2002. p. 367-383.

LICHTENSTEIN, D. A. Ultrasound in the management of thoracic disease. **Critical care medicine**, v. 35, n. 5, p. S250-S261, 2007.

LICHTENSTEIN, D. A.; MEZIERE, G. A. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure*: the BLUE protocol. **Chest**, v. 134, n. 1, p. 117-125, 2008.

LICHTENSTEIN, D. et al. The comet-tail artifact: an ultrasound sign of alveolar interstitial syndrome. **American journal of respiratory and critical care medicine**, v. 156, n. 5, p. 1640-1646, 1997.

LICHTENSTEIN, D. Lung ultrasound in acute respiratory failure an introduction to the BLUE-protocol. **Minerva anestesiologica**, v. 75, n. 5, p. 313, 2009.

LIM, C. K. et al. Transthoracic ultrasound elastography in pulmonary lesions and diseases. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 43, n. 1, p. 145-152, 2017.

LIMA, K. M. M. et al. Assessment of the mechanical properties of the muscle-tendon unit by supersonic shear wave imaging elastography: a review. **Ultrasonography**, v. 37, n. 1, p. 3, 2018.

LISCIANDRO, G. R. Abdominal and thoracic focused assessment with sonography for trauma, triage, and monitoring in small animals. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 21, n. 2, p. 104-122, 2011.

LISCIANDRO, G. R. et al. Evaluation of a thoracic focused assessment with sonography for trauma (TFAST) protocol to detect pneumothorax and concurrent thoracic injury in 145 traumatized dogs. **Journal of Veterinary Emergency and Critical Care**, v. 18, n. 3, p. 258-269, 2008.

LISCIANDRO, G. R. et al. Frequency and number of ultrasound lung rockets (B-lines) using a regionally based lung ultrasound examination named vet BLUE (veterinary bedside lung ultrasound exam) in dogs with radiographically normal lung findings. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 55, n. 3, p. 315-322, 2014.

LISCIANDRO, G. R. The thoracic FAST3 (TFAST3) exam. **Focused ultrasound for the small animal practitioner**, p. 140-165, 2014.

MATTOON, J. S.; NYLAND, T. G. Tórax. In: NYLAND, T. G.; MATTOON, J. S. *Ultrassom Diagnóstico em Pequenos Animais*. 2 ed. São Paulo: **Rocca**, 2005. p. 337-364.

MIESHLER, W. et al. Anatomy of the GI tract in US: an historical perspective. **European Journal of Gastroenterology & Hepatology**, v. 17, n. 3, p. 257-261, 2005.

NELSON, R.W.; COUTO, C.G. Medicina interna de pequenos animais. 2.ed: Rio de Janeiro, **Guanabara Koogan**, 2001, p.200-205.

NEWITT, A. L. M.; CRIPPS, P. J.; SHIMALI, J. Sonographic estimation of pleural fluid volume in dogs. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 50, n. 1, p. 86-90, 2009.

NYLAND, T. G.; MATTOON, J. S. Small animal diagnostic ultrasound. **Elsevier health sciences**, 2002.

NYLAND, T. G. et al. Ultra-som diagnóstico em pequenos animais. **Roca**, São Paulo, p. 161-198, 2005.

OPHIR, J. et al. Elastography: imaging the elastic properties of soft tissues with ultrasound. **Journal of medical ultrasonics**, v. 29, n. 4, p. 155-171, 2002.

OPHIR, Jonathan et al. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. **Ultrasonic imaging**, v. 13, n. 2, p. 111-134, 1991.

OZGOKCE, M. et al. Usability of transthoracic shear wave elastography in differentiation of subpleural solid masses. **Ultrasound Quarterly**, v. 34, n. 4, p. 233-237, 2018.

PALMERI, M. L.; NIGHTINGALE, K. R. On the thermal effects associated with radiation force imaging of soft tissue. **IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control**, v. 51, n. 5, p. 551-565, 2004.

PATE, J. et al. Comet-tail artifacts in normal dogs and dogs with cardiogenic pulmonary edema. In: journal of veterinary internal medicine. **Wiley-Blackwell Publishing**, 2010. p. 729-730.

PRATHER, A. B.; BERRY, C. R.; THRALL, D. E. Use of radiography in combination with computed tomography for the assessment of noncardiac thoracic disease in the dog and cat. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 46, n. 2, p. 114-121, 2005.

REICHLE, J. K.; WISNER, E. R. Non-cardiac thoracic ultrasound in 75 feline and canine patients. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, v. 41, n. 2, p. 154-162, 2000.

REINERO, C. R.; COHN, L. A. Interstitial lung diseases. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 37, n. 5, p. 937-947, 2007.

REECE, W.O. Sistema Respiratório. In: Anatomia Funcional e Fisiologia dos Animais Domésticos, 3 ed. São Paulo: **Rocca**, 2014. p 222-223

SANDRIN, L. et al. Transient elastography: a new noninvasive method for assessment of hepatic fibrosis. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 29, n. 12, p. 1705-1713, 2003.

SARVAZYAN, A. et al. An overview of elastography-an emerging branch of medical imaging. **Current Medical Imaging**, v. 7, n. 4, p. 255-282, 2011.

SCHWARZ, L. A.; TIDWELL, A. S. Alternative imaging of the lung. **Clinical Techniques in Small Animal Practice**, v. 14, n. 4, p. 187-206, 1999.

SEILER, G. Thorax. In: BARR, F.G.; GASCHEN, L. BSAVA manual of canine and feline ultrasonography. Oxford: **John Wiley**, 2011. Cap.5, p.29-36.

SPERANDEO, M. et al. Lung transthoracic ultrasound elastography imaging and guided biopsies of subpleural cancer: a preliminary report. **Acta radiologica**, v. 56, n. 7, p. 798-805, 2015.

SPERANDEO, M. et al. Role of thoracic ultrasound in the assessment of pleural and pulmonary diseases. **Journal of ultrasound**, v. 11, n. 2, p. 39-46, 2008.

SUTER, P. P.; GOMEZ, J. A. Diseases of the thorax: radiographic diagnosis. Iowa **State University Press**, 1981.

TANTER, M. et al. Quantitative assessment of breast lesion viscoelasticity: initial clinical results using supersonic shear imaging. **Ultrasound in medicine & biology**, v. 34, n. 9, p. 1373-1386, 2008.

THRALL, D. E. Textbook of Veterinary Diagnostic Radiology-E-Book. **Elsevier Health Sciences**, 2013.

VOLPICELLI, G. et al. Detection of sonographic B-lines in patients with normal lung or radiographic alveolar consolidation. **Medical science monitor: international medical journal of experimental and clinical research**, v. 14, n. 3, p. CR122-8, 2008.

VOLPICELLI, G.; MUSSA, A.; FRASCISCO, M. F. Sonographic diagnosis of pulmonary embolism with cardiac arrest without major dilation of the right ventricle or direct sign of lower limb venous thrombosis. **Journal of Clinical Ultrasound**, v. 40, n. 8, p. 529-533, 2012.

WEI, H. et al. The application of conventional us and transthoracic ultrasound elastography in evaluating peripheral pulmonary lesions. **Experimental and Therapeutic Medicine**, v. 16, n. 2, p. 1203-1208, 2018.

WILSON, D. W. Tumors of the Respiratory Tract. In: MEUTEN, D. J. (Ed.). Tumors in domestic animals. **John Wiley & Sons**, 2017. p. 467-498.

WITHROW, S. J. Lung cancer. In: WITHROW, S. J.; VAIL, D. M.; PAGE, R. L. Withrow and MacEwen's Small Animal Clinical Oncology-E-Book. **Elsevier Health Sciences**, 2013. p.432-453.

ZALESKA-DOROBISZ, U. et al. Ultrasound elastography—review of techniques and its clinical applications. **Brain**, v. 6, p. 10-14, 2013.

CAPÍTULO 2 – Aplicabilidade da elastografia transtorácica na diferenciação de lesões pulmonares em cães

Artigo a seguir será submetido no periódico Veterinary Radiology & Ultrassound e será apresentado conforme as normas de submissão do mesmo.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicabilidade da elastografia ARFI na diferenciação de anormalidades pulmonares em pacientes caninos. Foram selecionados 20 cães, de diferentes idades e raças, com sinais agudos ou crônicos de doença respiratória. Os animais foram submetidos ao exame radiográfico para direcionamento do local das lesões, servindo como guia para ultrassonografia em modo b, onde pacientes que apresentavam áreas pulmonares consolidadas, com atelectasia ou massas eram submetidos a avaliações de parâmetros como: ecogenicidade, ecotextura, contornos, margeamento, presença de linhas B, áreas císticas, pontos ecogênicos centrais, além do número, sendo estas (únicas ou múltiplas). Posteriormente eram avaliadas através da ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) por ser uma técnica capaz de fornecer medidas quantitativas e qualitativas da rigidez tecidual com mínima variabilidade entre observadores, pois a força de compressão é constante ao ser produzida diretamente pelo aparelho. Sendo esta, uma técnica com avaliação qualitativa criando um mapa estático (elastograma) da rigidez tecidual e quantitativa promovendo formação de ondas de pressão em propagação capazes de deformar os tecidos e posteriormente capta a velocidade de propagação das ondas derivadas dessa pressão ou ondas de cisalhamento; sendo as informações supracitadas correlacionadas aos resultados de cito e/ou histopatologia. Nos casos em que não foram possíveis a obtenção de amostras através de biópsia ou citologia aspirativa foram consideradas informações obtidas através da análise de efusões pleurais quando presentes, além dos dados clínicos estudados juntamente ao setor de clínica médica e oncologia como exame físico, laboratorial e histórico clínico correlacionados aos exames de imagem. As avaliações ultrassonográficas realizadas ao modo-B não se mostraram significativas assim como a elastografia ARFI qualitativa e quantitativa que também não pode diferir lesões malignas de benignas, não obtendo assim valor diagnóstico para estes parâmetros avaliados.

Palavras chave: ARFI; cão; pulmão; ultrassom.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the applicability of ARFI elastography in differentiating lung abnormalities in canine patients. Twenty dogs of different ages and

breeds with acute or infectious signs of respiratory disease were selected. The animals were excluded from the radiographic examination to direct the location of the lesions, serving as a guide for b-mode ultrasonography, where patients who presented consolidated lung areas, with atelectasis or masses were allowed to estimate parameters such as: echogenicity, echotexture, contours, margins, presence of blines, cystic areas, central echogenic points, in addition to the number, being these (single or multiple). were subsequently evaluated using ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) as it is a technique capable of providing quantitative and qualitative measures of tissue stiffness with minimal variability between observers, as the force of influence is constant when produced directly by the device. This being a technical training with qualitative evaluation creating a static map (elastogram) of tissue and quantitative safety promoting controlled pressure waves capable of deforming the tissues and subsequently captures the control speed the waves derived from that pressure or shear waves; The aforementioned information being correlated to cytopathology and/or histopathology results. In cases where it was not possible to obtain a sample through biopsy or aspiration cytology, information transmitted through the analysis of pleural effusions, when present, was accepted, in addition to the clinical data recorded in the medical clinic and oncology sector, such as physical and laboratory examinations and clinical history correlated to imaging exams. The ultrasound estimates performed in B-mode did not occur in any of the considered parameters, as well as the qualitative and quantitative ARFI elastography, which also cannot differ malignant from benign lesions in the elastogram and there were no statistical differences between the SWV values for the prediction of malignancy, thus not obtaining diagnostic value for these evaluated parameters. **Keywords:** ARFI, dog, lung, ultrasound

1. INTRODUÇÃO

O ultrassom desempenha um papel cada vez mais importante no diagnóstico de várias condições pulmonares, pleurais e mediastinais, fornecendo informações sobre a localização, tamanho, extensão e natureza da lesão¹ e quando associado a radiografia torácica tem sua utilidade maximizada, uma vez que esta fornece informações na formação de uma janela acústica potencial para realização da ultrassonografia pulmonar direcionada²

Entretanto, apesar de detectar várias anormalidades torácicas e auxiliar no diagnóstico, a ultrassonografia pulmonar ainda é pouco acurada na diferenciação de várias anormalidades, sendo muitas vezes necessária a utilização de técnicas invasivas para conclusão diagnóstica. Neste contexto, a inclusão de novos métodos ultrassonográficos incrementa o detalhamento na avaliação de aspectos

morfofuncionais e de tecidos anormais como a rigidez, avaliada pela elastografia proposta neste estudo, pode aumentar a acurácia diagnóstica da ultrassonografia pulmonar.

A elastografia é uma técnica de ultrassom promissora que avalia a elasticidade do tecido. Vários métodos para avaliar a elasticidade do tecido têm sido propostos, tal como a compressão, a acoustic radiation force impulse (ARFI) e tempo real da velocidade de cisalhamento (RSV)⁴. A ARFI é um método seguro e não-invasivo e fornece medidas quantitativas e qualitativas da rigidez do tecido⁵, sendo baseada na propagação de uma força capaz de provocar o deslocamento do tecido, sem a necessidade de compressão manual. Em comparação com outros métodos, esta técnica é mais precisa com menor variação entre observadores e com maior reprodutibilidade⁶.

Em medicina, um estudo verificou taxas de deformação tecidual diferentes em tecidos pulmonares com necrose, atelectasia, consolidação, pneumonia e neoplasias (aumento crescente de rigidez nesta ordem) e entre as neoplasias primárias e metastáticas (menos rígidas que as primárias), permitindo demonstrar que a elastografia pulmonar pode auxiliar na diferenciação dos tecidos benignos de malignos e ainda entre alguns tipos de neoplasias⁷. Em veterinária não há descrição da aplicação deste método em animais domésticos

Considerando a aplicabilidade supracitada em medicina e a escassez de estudos sobre esta técnica de imagem em pequenos animais, os objetivos deste estudo foram: 1) Sugerir variáveis qualitativas e quantitativas da rigidez do tecido pulmonar anormal de cães com lesões pulmonares consolidadas, com atelectasia ou massas; 2) avaliar a aplicabilidade do método ARFI como parâmetro de malignidade das lesões pulmonares dos caninos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi avaliado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/Jaboticabal. (Protocolo n 799/21). A pesquisa foi realizada utilizando pacientes atendidos na rotina do Hospital Veterinário “Governador Laudo Natel” da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/Jaboticabal, Brasil. Os tutores foram previamente consultados,

informados e esclarecidos de todos os pormenores do estudo; e permitiram sua concordância com as avaliações propostas em termo de consentimento livre e esclarecido, permitindo a participação dos seus animais neste projeto.

Foram avaliadas e comparadas as características elastográficas de áreas pulmonares consolidadas, com atelectasia ou massas, n = 20. Foram incluídos no grupo experimental cães com sinais agudos ou crônicos de doença respiratória relacionadas às alterações pulmonares, como tosse, espirro, secreção nasal bilateral, dispneia, respiração abdominal, intolerância ao exercício, síncope, cianose, assim como detecção de neoplasmas em outras regiões (ex. neoplasmas mamários).

Os animais com os sinais clínicos supracitados foram encaminhados para o exame radiográfico com o objetivo de estabelecer a localização e o aspecto da patologia encontrada determinando assim o local apropriado para melhor direcionamento do exame ultrassonográfico

2.1. Radiografia Torácica

Para realização dos exames radiográficos foi utilizado aparelho de raio-X convencional (Siemens® RG150/100gl), obtendo-se imagens torácicas nas projeções lateral esquerda, direita, ventrodorsal e dorsoventral. As imagens radiográficas foram importantes para descartar anormalidades pulmonares ou detectar massas pulmonares periféricas relacionados às alterações pesquisadas, de forma a permitir a comparação destes com os observados à ultrassonografia e elastografia. As imagens foram obtidas a partir de chassis para leitura computadorizada (Imaging plate) de diversos tamanhos da marca AGFA e scanner digitalizador da mesma marca, modelo CR-30. As radiografias digitais foram analisadas no programa DICOM® (Digital Imaging and Communications in Medicine, Rosslyn, VA, EUA) por Médicos Veterinários Residentes e Pesquisador responsável por este projeto. As imagens foram arquivadas para posterior comparação com as demais variáveis obtidas no estudo.

2.2. Ultrassonografia Pulmonar

Para realização dos exames ultrassonográficos foi realizada tricotomia focal considerando achados de exame radiográfico, sendo ampliada conforme a

necessidade. Após a tricotomia, os pacientes foram contidos manualmente, com a cabeça na direção do monitor e o corpo paralelo ao aparelho. Antes do exame, foi aplicado gel específico para a realização de ultrassonografia. Os exames foram realizados com os animais em estação, decúbitos esternal, lateral (direito e/ou esquerdo) de acordo com o acesso necessário para as janelas ultrassonográficas e condição clínica dos pacientes, evitando qualquer desconforto respiratório que colocasse em risco a saúde deles.

Foi utilizado aparelho SIEMENS ACUSON S2000™ (Siemens®, Munique, Alemanha), com transdutor multifrequencial matricial e linear de 9,0 MHz. Considerando a importância de se avaliar toda extensão pulmonar, foi utilizado um protocolo de varredura que inclui, abordagens em janelas intercostais, em hemitórax direito e esquerdo³, com transdutor sendo deslizado sistematicamente ao longo dos espaços intercostais avaliando a extensão dos campos pulmonares, porém em pacientes onde a varredura completa dos campos pulmonares não era possível devido a desconforto do paciente, era realizado apenas o ultrassom focado no local da lesão pulmonar.

Ao modo-B foi avaliada possível modificação no aspecto do “sinal de jacaré”, descontinuidade ou ausência de linhas A, presença de linhas B e detecção das áreas pulmonares consolidadas, com atelectasia ou massas, sendo estas caracterizadas de acordo com sua ecogenicidade (hipo, hiperecoicas ou mistas – presença de pontos ecogênicos, áreas císticas, sombreamento ou reforço acústico), ecotextura (homogênea ou heterogênea), contornos (regular ou irregular), margeamento (definido ou não), número (única ou múltiplas), tamanho (comprimento e largura) e presença ou não de efusão pleural associada.

2.3. Elastografia ARFI Pulmonar

Após a realização da ultrassonografia modo-B, os animais foram submetidos à elastografia ARFI utilizando o mesmo aparelho e transdutor descritos anteriormente, apenas foi ativado o *software* específico para avaliação qualitativa e quantificação mediante método ARFI (Virtual Touch TMTissue Quantification; Siemens®, Alemanha). Foram avaliadas e comparadas as características elastográficas de áreas pulmonares consolidadas, com atelectasia ou massas detectadas nos pacientes. Em

cada imagem avaliada foi obtido elastograma (mapa em escala colorida da rigidez tecidual) para avaliação qualitativa da rigidez tecidual: regiões de cor azul consideradas tecidos mais elásticos (menos rígidos) e regiões vermelhas mais rígidas, assim como sua distribuição (homogêneo ou heterogênea).

Posteriormente a avaliação qualitativa, foram selecionadas cinco (05) regiões de interesse de forma aleatória (ROI – 1 x 1 mm), de cada área avaliada, tentando incluir o máximo de tecido que aparecia na tela, mediante a ferramenta de análise quantitativa do mesmo software. Automaticamente foram obtidos os valores da velocidade de propagação da onda de cisalhamento tecidual (SWV m/s) de cada um destes ROIs e a média foi calculada para cada região ou lesão estudada⁸.

2.4. Análises Citológicas e/ou Histopatológicas

Para a coleta do material, os animais foram submetidos à neuroleptoanalgesia ou anestesia geral, conduzida pelo Setor de Anestesiologia Veterinária, seguindo os protocolos farmacológicos e de motorização próprios utilizados por estes profissionais. Após autorização por parte da equipe anestésica, foi realizada antisepsia ampla da pele da região, com álcool etílico a 70%, com posterior punção e/ou biopsia com trucut mediante guia ultrassonográfico pela rotina do setor de Diagnóstico por Imagem. Os exames eram agendados pela manhã de forma que os pacientes fossem monitorados ao longo do dia a cada 2 horas após coletas.

O material colhido por meio da punção aspirativa, com agulha 20 a 27 gauge, foi depositado em lâminas de esfregaço, fixado e encaminhado para o Departamento de Patologia para posterior coloração e avaliação por meio de microscopia.

Os fragmentos colhidos por meio da biópsia com truecut 16 a 18 gauge, foram fixados em solução de formol a 10%, tamponado com fosfatos (pH 7,4) e encaminhados para o Departamento de Patologia para processamento rotineiro, com coloração por hematoxilina e eosina, e analisadas por patologista experiente, sob microscopia de luz, para emissão do laudo e diagnóstico histopatológico.

Nos casos em que não foram possíveis as coletas ou que não foram obtidas amostragens de citologia e/ou histopatologia, foram considerados achados clínicos, dados de ultrassonografia, radiografia, além das informações obtidas por meio da análise de efusões pleurais quando presentes para o critério de separação dos grupos

entre lesões malignas e benignas, junto ao setor de clínica médica e oncologia do hospital Veterinário “Governador Laudo Natel” da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP/Jaboticabal, Brasil. Sendo que destes pacientes, 5 animais foram realizados análises de efusão pleural, 9 pacientes considerado o histórico clínico; nos 6 demais realizou-se análises histopatológicas e/ou citológicas. As lesões benignas consistiram em consolidação (2), atelectasia (3) e abscesso (1); entre as malignas a maior prevalência foi de carcinoma. Dos 20 animais avaliados, 14 eram lesões malignas e seis benignas.

2.5. Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas com o software R versão 3.3.0 (R foundation for statistica computing, Áustria). Inicialmente foram comparadas as SWV's pelo teste de Kruskal-Wallis, se resultam semelhantes se utilizara a mediana destas medições para as futuras análises. Cada um dos parâmetros ultrassonográficos estudados foi comparado entre massas benignas ou malignas por meio do teste de Mann-Witney e para aqueles que são binários (positivo ou negativo) pela análise de regressão logística binária, valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos e para essas variáveis foi estudada a capacidade diagnóstica construindo ponto de corte, sensibilidade, especificidade, likelihood ratio e área sob a curva (AUC) usando a classificação histopatológica como referência por meio da curva de característica do operador (ROC) em um modelo de regressão logística. Os resultados das variáveis quantitativas se expressam como a mediana +/- IQR (Intervalo interquartil) e os resultados das variáveis binárias como porcentagem de presença do quesito avaliado.

3. RESULTADOS

Nenhum paciente apresentou complicações visíveis decorrentes da manipulação na realização dos exames ultrassonográficos, os decúbitos utilizados e as janelas ultrassonográficas avaliadas foram satisfatórias para obtenção das imagens. Não foram encontradas restrições ou limitações na realização dos exames ultrassonográficos.

As avaliações ultrassonográficas realizadas ao modo-B não se mostraram significativas em nenhum dos parâmetros estudados, como: comprimento, largura, ecogenicidade, área císticas, pontos ecogênicos e ecotextura; nenhum destes obtiveram valor diagnóstico para malignidade tumoral.

Os estudos da elastografia ARFI qualitativa não puderam diferir lesões malignas de benignas no elastograma, tampouco as análises quantitativas onde não houve diferenças estatísticas entre os valores de SWV encontrados nas lesões benignas e malignas, não obtendo assim valor diagnóstico para estes parâmetros avaliados.



Figura 1. Imagem radiográfica na projeção lateral direita do paciente 02 com presença de neoformação pulmonar única em topografia de lobo pulmonar caudo dorsal, apresentando desvio dorsal de traqueia e aumento de átrio direito. Fonte: Setor de Diagnóstico por Imagem - Unesp, FCAV-Jaboticabal, 2022. Setas contornando a região da massa.

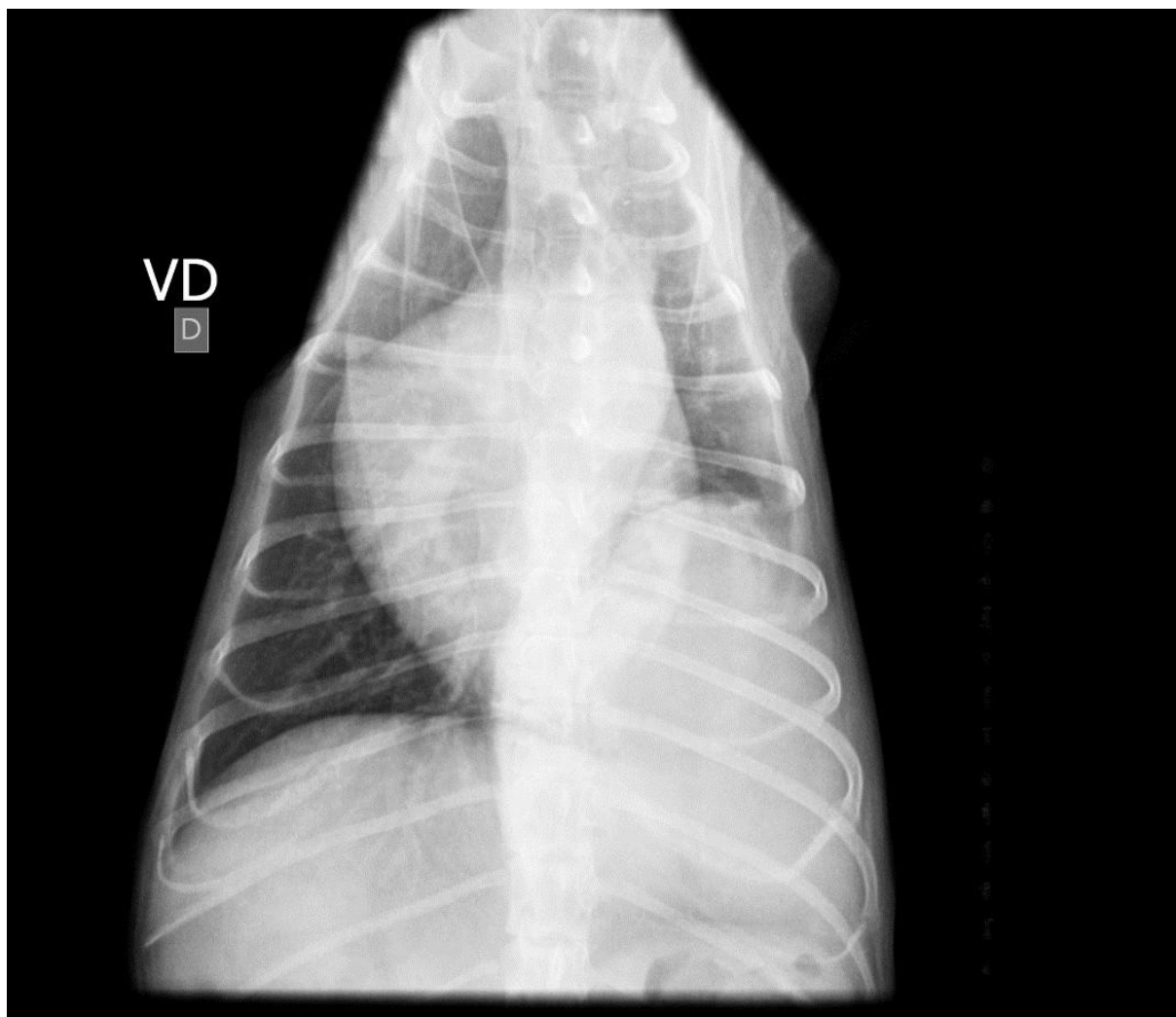


Figura 2. Imagem radiográfica na projeção ventro dorsal do paciente 02 com presença de neoformação pulmonar única em topografia de lobo pulmonar caudo dorsal, Fonte: Setor de Diagnóstico por Imagem - Unesp, FCAV-Jaboticabal, 2022. Setas contornando a região da massa

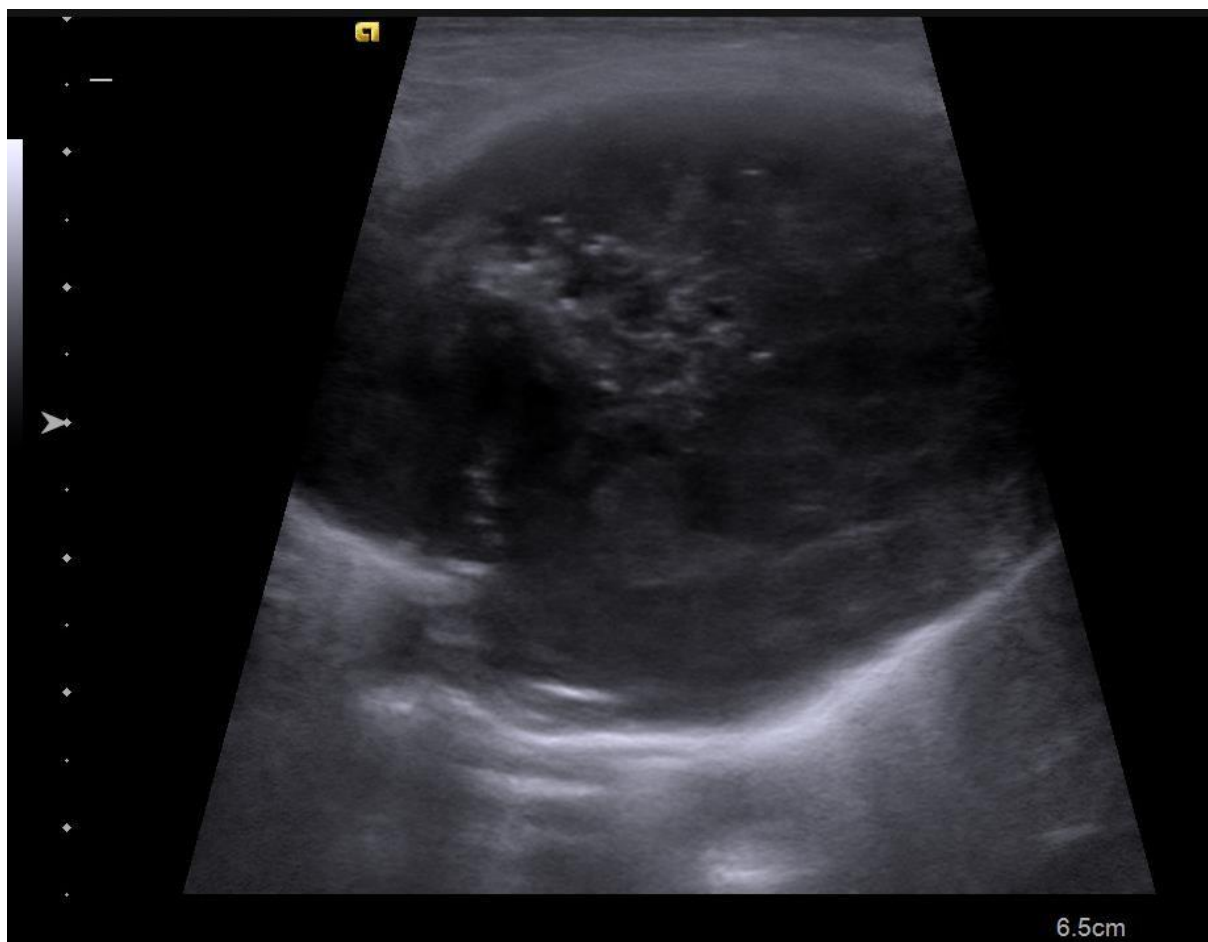


Figura 3. Imagem de ultrassonografia convencional ao modo B, obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, realizado com prob linear, referente a paciente 02, supracitada, apresentando neoformação pulmonar em região caudo dorsal e peri-hilar com aspecto parenquimatoso, heterogêneo, predominantemente hipoecogênica, com margens irregulares e contornos bem definidos. Fonte: Arquivo Pessoal.

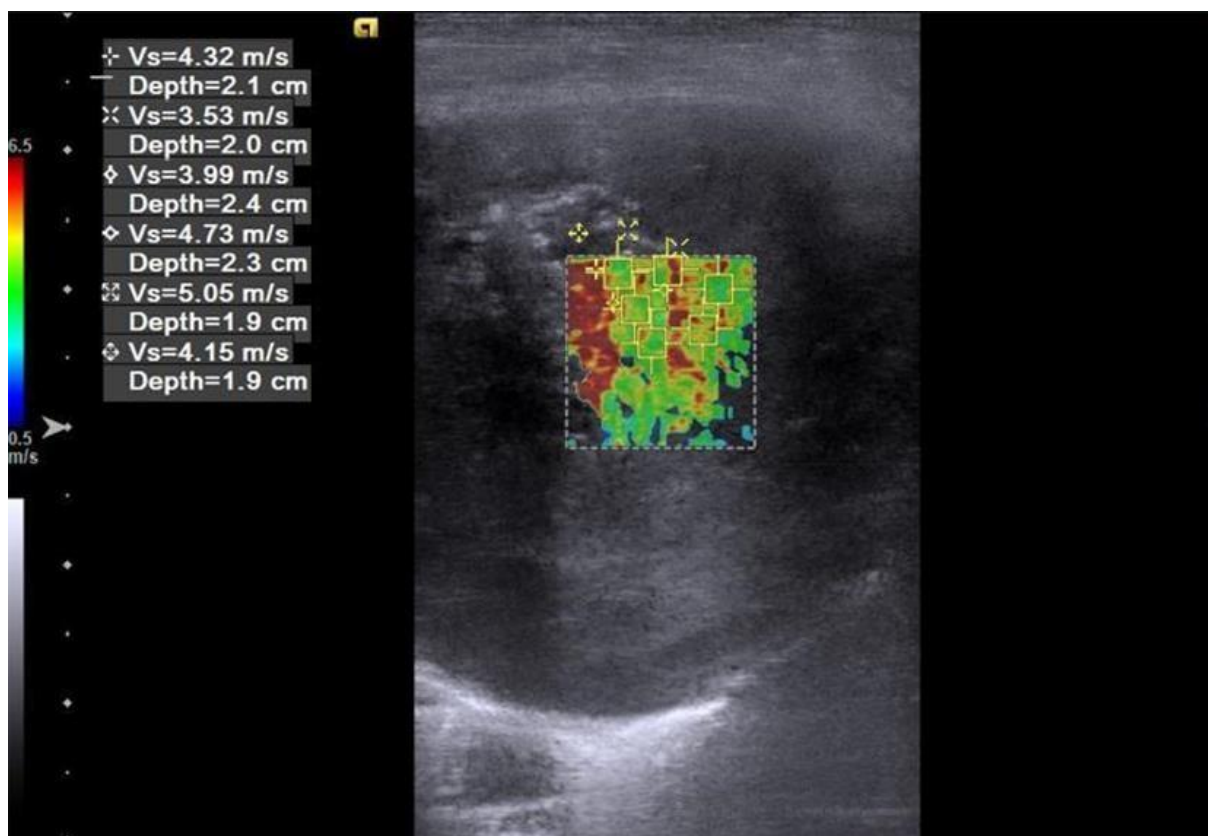


Figura 4. Imagem obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, com o modo elastográfico ARFI ativado, realizado com prob linear, referente a paciente 02, apresentando neoformação pulmonar em região caudo dorsal e peri-hilar. Note a mensuração da velocidade de cisalhamento da massa pulmonar, com a presença do gate nas porções avaliadas, expressa em m/s (avaliação quantitativa) assim como o elastograma (mapa em escala colorida da rigidez tecidual) para avaliação qualitativa da rigidez tecidual sendo regiões de cor azul consideradas tecidos mais elásticos (menos rígidos) e regiões vermelhas mais rígidas.

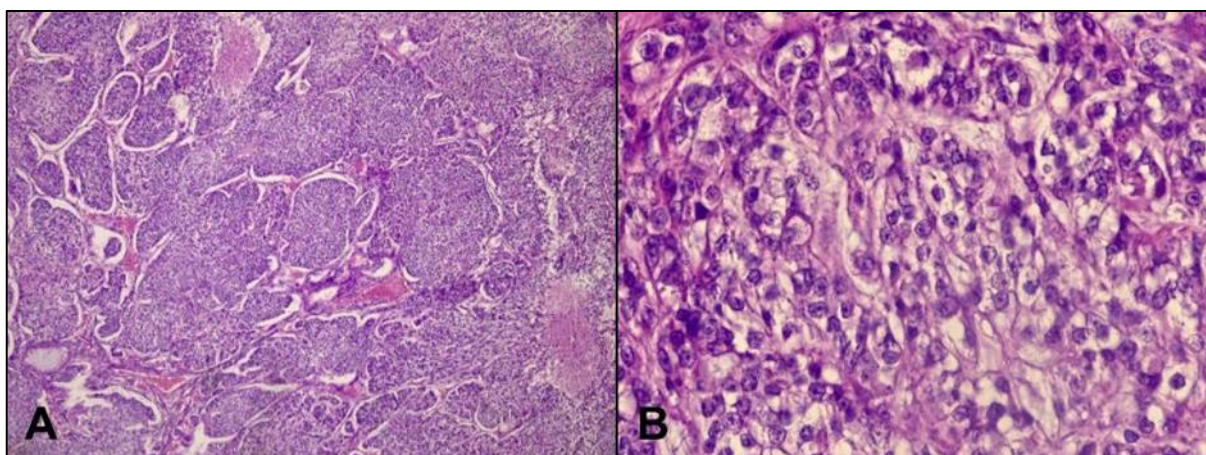


Figura 5. Imagem de exame histopatológico da paciente 02, diagnóstico para adenocarcinoma pulmonar. Fragmento de massa em pulmão com proliferação neoplásica de células epiteliais de elevada celularidade mal delimitada, não encapsulada e de crescimento infiltrativo. **A.** Distribuição de células neoplásicas (40X). **B.** Células neoplásicas (400X).



Figura 6. Imagem de ultrassonografia convencional ao modo B, obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, realizado com probe linear, referente a paciente 18 apresentando lobo pulmonar hepatizado devido a grave consolidação pulmonar causada por pneumonia. Observa-se lobo pulmonar hipoecogênico, heterogêneo com presença de focos hiperecoicos como consequência de ar residual nos alvéolos, com aspecto semelhante ao parênquima hepático. Fonte: Arquivo Pessoal.

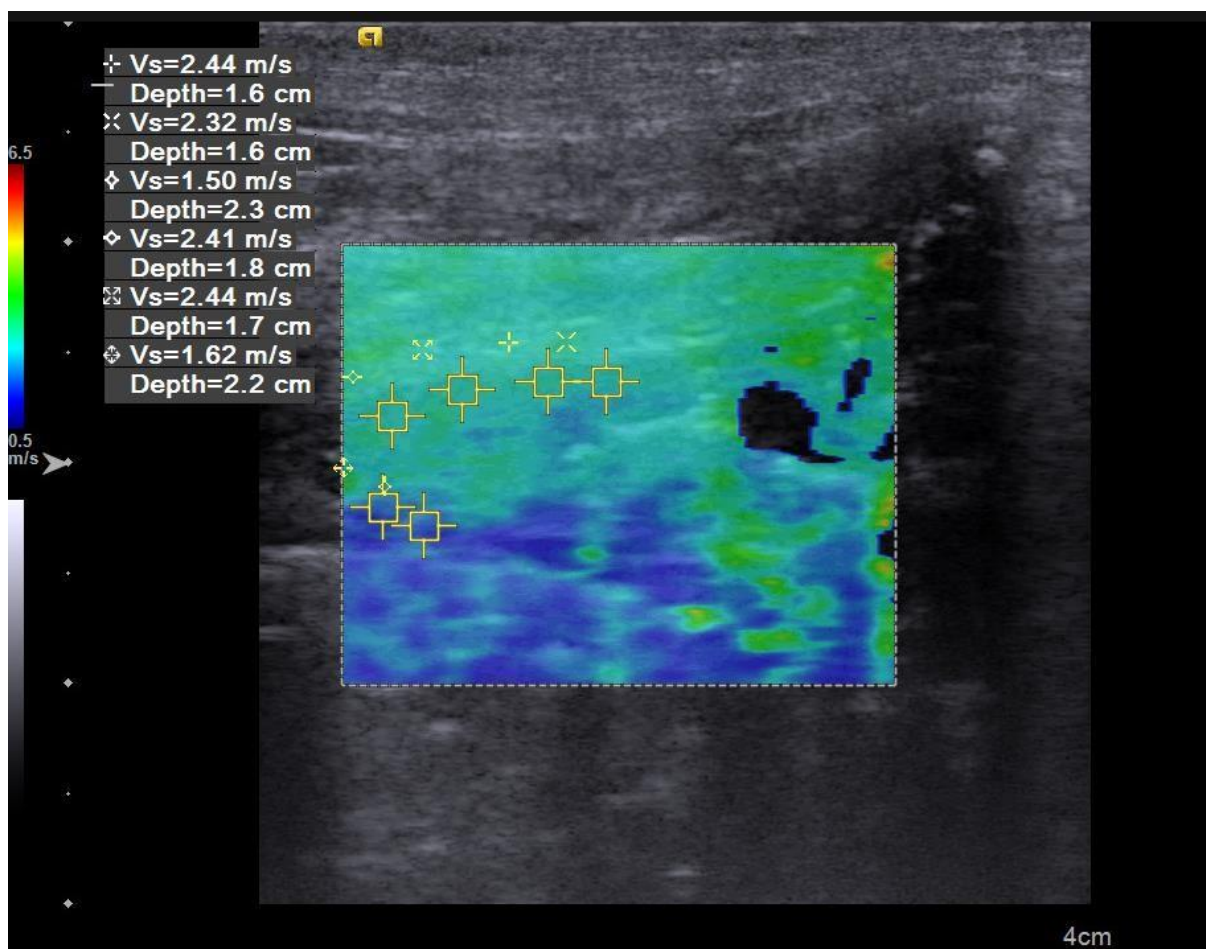


Figura 7. Imagem obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, com o modo elastográfico ARFI ativado, realizado com probe linear, referente a paciente 18, apresentando lobo pulmonar hepatizado. Note a mensuração da velocidade de cisalhamento da massa pulmonar, com a presença do gate nas porções avaliadas, expressa em m/s (avaliação quantitativa) assim como o elastograma (mapa em escala colorida da rigidez tecidual) para avaliação qualitativa da rigidez tecidual sendo regiões de cor azul consideradas tecidos mais elásticos (menos rígidos) e regiões vermelhas mais rígidas.

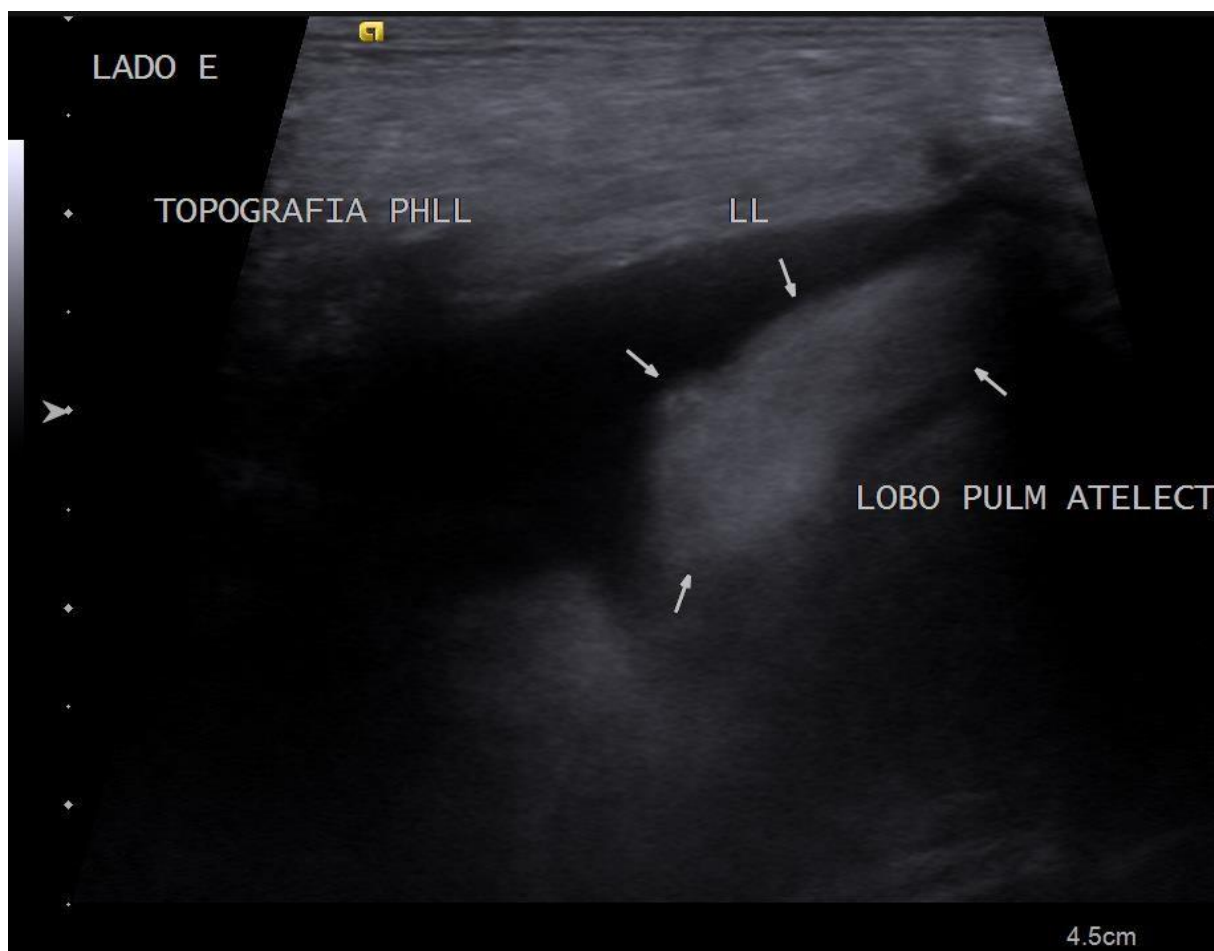


Figura 8. Imagem de ultrassonografia convencional ao modo B, obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, realizado com probe linear, referente ao paciente 17 apresentando lobo pulmonar atelectásico devido efusão pleural causada por neoplasia. Observa-se lobo pulmonar com formato triangular, hiperecogênico, homogêneo, flutuante a efusão pleural. Fonte: Arquivo Pessoal.

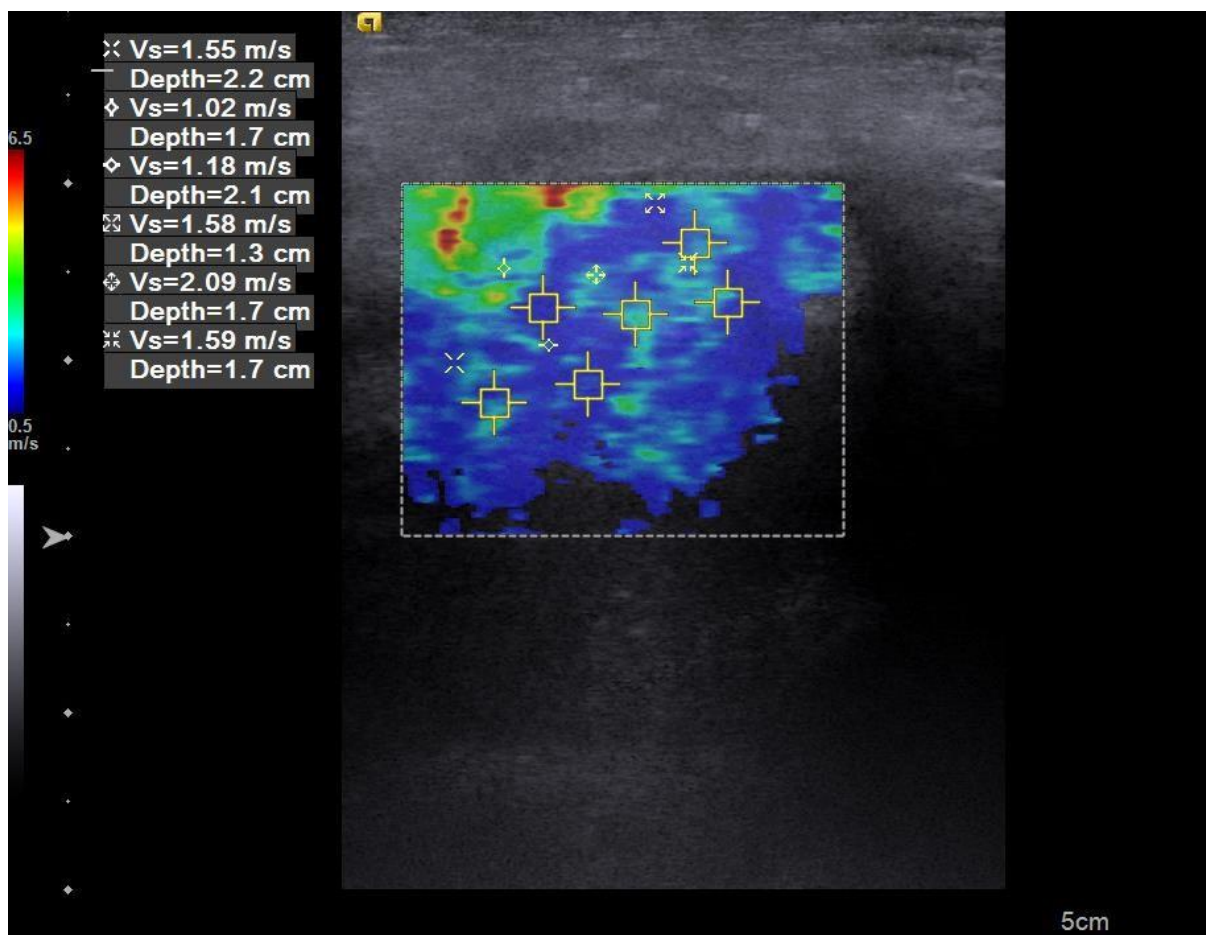


Figura 9. Imagem obtida pelo equipamento ultrassonográfico SIEMENS ACUSON, com o modo elastográfico ARFI ativado, realizado com probe linear, referente ao paciente 17, apresentando lobo pulmonar atelectásico. Note a mensuração da velocidade de cisalhamento da massa pulmonar, com a presença do gate nas porções avaliadas, expressa em m/s (avaliação quantitativa) assim como o elastograma (mapa em escala colorida da rigidez tecidual) para avaliação qualitativa da rigidez tecidual sendo regiões de cor azul consideradas tecidos mais elásticos (menos rígidos) e regiões vermelhas mais rígidas.

Tabela 1. Tabela referente aos dados ultrassonográficos avaliados ao modo B, elastografia ARFI (qualitativa e quantitativa), análises das biópsias e dados clínicos dos pacientes deste estudo. Sendo: M= Maligno; B = Benigno; EP: Efusão pleural: (0) ausente (1) presente; Ecog: ecogenicidade (1) hipo; (2) hiper; (3) misto; (4) anecogenico; (4) anecoico; Margeamento: (1) regular (2) irregular; Contorno: (1) bem definido (2) mal definido; Pontos Ecogênicos: (0) Ausentes (1) presentes; Áreas císticas: (0) ausentes (1) presentes; Linhas B: (0) ausentes (1) presentes; Número: massa única (1) múltiplos nódulos (2); E.Q= Elasto qualitativa Cores predominantes: azul e verde (1) verde e amarelo (2) amarelo e vermelho (3); SW: Elasto quantitativa.

NEO	Lesão	E.Q	Sw1	Sw2	Sw3	Sw4	Sw5	Lin.B	E.P	Comprim.	Largura	Ecogen.	Ecot.	Margeam.	contorn.	P.E.	A.C.	n.	Análises
Paciente 01	M	1	3.54	2.38	2.58	3.22	1.33	0	0	3	2	1	2	1	1	1	0	1	Histopatologica (carcinoma)
Paciente 02	M	2	4.32	3.53	3.99	4.73	5.05	0	1	4.7	4.2	3	2	2	1	1	1	1	Histopatologica (adenocarcinoma)
Paciente 03	M	1	1.75	1.71	3.68	2.82	1.33	0	1	3.4	2.1	1	1	1	1	0	0	1	Efusão pleural (sugestivo de linfoma)
Paciente 04	M	1	1.59	1.37	1.3	2.39	1.37	1	0	1.6	1.2	1	1	1	1	0	0	2	Histórico clínico (Mestastase)
Paciente 05	M	2	2.78	3.73	2.62	3.71	2.51	0	0	1.7	1.4	1	1	2	1	0	0	1	Histórico clínico (Mestastase)
Paciente 06	M	3	9.2	6.13	9.1	5.74	5.87	0	1	3.4	1.2	3	2	2	1	1	0	1	Efusão pleural (sugestivo de carcinoma)
Paciente 07	M	2	5.43	3.47	3.25	3.09	3.03	0	0	2.3	2	3	2	1	1	0	1	2	Histórico clínico (Mestastase)
Paciente 08	M	1	2.38	1.62	2.14	1.16	2.3	0	1	1.5	1.2	3	2	2	2	0	0	2	Efusão pleural (cels neopl.origem epitelial)
Paciente 09	M	1	3.16	3.12	2.19	2.15	1.76	1	0	4.98	4.5	1	2	2	1	0	1	2	Histopatológica(carcinoma)
Paciente 10	M	1	1.79	1.68	1.93	1.92	1.69	0	0	5.3	4.5	3	2	2	1	1	0	1	citológica (carcinoma)
Paciente 11	M	1	1.7	2.09	2.15	2.03	1.6	0	0	5.7	3.77	1	2	2	1	0	0	1	citologia (carcinoma)
Paciente 12	M	2	4.3	3.69	4.81	4.58	5.04	0	0	1.14	1.23	1	2	2	1	0	0	3	Histórico clínico (Mestastase)
Paciente 13	M	2	3.84	4.25	3.89	3.74	3.65	0	0	0.4	0.6	1	1	1	1	0	0	2	Historico clínico (metástase)
Paciente 14	M	1	3.71	2.63	2.58	3.1	2.24	0	0	5.3	4.6	3	2	2	1	1	1	1	Histórico clínico (Mestastase)
ATELECT																			
Paciente 15	B	1	2.38	1.61	2.46	1.44	1.67	0	1			2	1	2	1	0	0		Atelectasia por efusão hemorrágica
Paciente 16	B	1	0.84	0.94	2.28	0.87	0.85	0	1			2	1	2	1	0	0		Atelectasia por neoplasia associada a efusão
Paciente 17	B	1	1.55	1.02	1.18	1.58	2.09	0	1			2	1	2	1	0	0		Atelectasia por neoplasia associada a efusão
CONSOLIDAÇÃO																			
Paciente 18	B	1	3.04	2.45	2.9	2.53	1.63	0	0			1	2	1	1	1	0		Consolidação por pneumonia
Paciente 19	B	1	2.47	2.51	2.46	3.12	2.3	0	0			1	2	1	1	1	0		Consolidação por neoplasia
ABCESSO																			
Paciente 20	B	1	1.75	3.74	2.29	4.67	3.32	0	0	3.2	2.2	4	1	2	1	0	1	1	Dados clínicos e aspecto ultrasonográfico

4. DISCUSSÃO

Neste estudo foram avaliadas características das lesões pulmonares ao modo B, juntamente a aplicabilidade da elastografia ARFI, correlacionando as informações obtidas do exame ultrassonográfico aos achados de exames de cito e/ou histopatológica e ainda análises de efusão pleural e dados clínicos do paciente quando as biópsias não eram passíveis de serem realizadas; objetivando assim sugerir variáveis qualitativas e quantitativas da rigidez do tecido pulmonar anormal de cães com lesões pulmonares consolidadas, com atelectasia ou massas e avaliar aplicabilidade do método ARFI como parâmetro de malignidade das lesões pulmonares dos caninos baseado nos resultados encontrados em humanos.

Ao contrário do que foi verificado na literatura médica descrita por Wei et al.⁹, onde p SWE (Shear wave elastography) foi de $2,47 \pm 0,92$ m/s em lesões malignas vs. $1,85 \pm 0,92$ m/s em benignas com um $p = 0,0022$ alcançando uma significância estatística com valor diagnóstico, neste trabalho a mediana da SWV de lesões malignas resultou em 2,6 m/s vs. 2,07 m/s de processo benignos com um $p = 0,13$, não se obtendo assim um parâmetro para predição de malignidade.

Apesar dos resultados não possuírem valor diagnóstico, foram observadas nas variáveis deste estudo, lesões neoplásicas e processos de consolidação com rigidez maior do que lesões atelectásicas, corroborando com Lim et al.⁷ que verificaram taxas de deformação tecidual diferentes em tecidos pulmonares com necrose, atelectasia, consolidação, pneumonia e neoplasias (aumento crescente de rigidez nesta ordem).

Uma teoria para observação dessas variáveis seria devido a composição tecidual pulmonar. Uma vez que na atelectasia, também denominada de colapso pulmonar ocorre a perda de ar dos alvéolos, de forma que os lobos pulmonares perdem o volume normal¹⁰; e a consolidação pulmonar ocorre quando espaços alveolares são preenchidos por fluido; podendo ser secundário a edema, exsudato, muco, infiltrado neoplásico, cicatrizes ou fibrose pulmonar com espessamento septal^{2, 11, 12}, não ocorrendo assim perda significativa de volume como ocorre na atelectasia pulmonar¹⁰.

Em relação aos processos malignos, segundo Wilson e Dungworth¹³, os tumores pulmonares primários são normalmente constituídos por tecido sólido,

dividido por septos de tecido conjuntivo. A constituição tecidual das lesões abordadas pode ser uma justificativa para a diferença na rigidez observada nas variáveis ainda que sem valor diagnóstico neste estudo.

Não foi possível o processamento dos dados estatísticos para a comparação entre atelectasia, consolidação e neoplasias, sendo realizado apenas o estudo comparativo entre lesões benignas (atelectasia, consolidação e abscesso) e malignas, devido ao número reduzido das primeiras, fato este que pode ter interferido nos resultados estatísticos uma vez que o número de pacientes deste estudo comparado a literatura da medicina humana a qual foi embasada o trabalho é significativamente menor.

As características das lesões estudadas ao modo-B também não puderam prever malignidade, entretanto este recurso se mostrou de extrema importância para auxiliar nos diagnósticos em casos com presença de efusão pleural, onde a avaliação detalhada no exame radiográfico era limitada, assim como é citado pelos autores Louvet e Bourgeois¹²; Atuando ainda como guia para aspiração de efusões e nos procedimentos invasivos, melhorando o rendimento de PAAF e biópsias percutâneas, corroborando com Reichle e Wisner¹⁰ e Hawkins¹⁴.

Estudos realizados por Stavros et al.¹⁵ e Paulinelli et al.¹⁶, comparando achados histopatológicos e ultrassonográfico de nódulos, demonstraram que as características indicativas de malignidade ao ultrassom em modo B incluíam contornos irregulares, bordas pouco nítidas, heterogenicidade, calcificações, dentre outras. Uma hipótese para a não significância dos achados ao modo b neste estudo, é que no caso das consolidações, embora sejam lesões benignas, apresentam também aspecto heterogêneo e irregularidade da superfície pulmonar¹⁷ segundo os mesmos autores, esse aspecto não homogêneo ocorre quando alguns espaços de ar são preenchidos com fluido ou exsudato enquanto outros permanecem cheios de residual dentro dos alvéolos e brônquios criando múltiplos focos ecogênicos. A avaliação das lesões benignas ao modo b especialmente as consolidações apresentaram-se heterogêneas e com presença de focos hiperecogênicos em seu interior, justificando assim avaliação estatística não relevante, uma vez que processos malignos possuíam ecotextura semelhante.

5. CONCLUSÃO

A elastografia ARFI é um método recente que pode fornecer dados importantes a respeito da rigidez dos tecidos em humanos, de forma a permitir a utilização futura desta técnica na avaliação de cães com afecções pulmonares. Avaliações de parâmetros do modo B, elastografia ARFI qualitativa e quantitativa não se mostram preditores de malignidade neste trabalho, porém estudos mais extensos sobre essa questão e uma amostragem maior de pacientes são necessários devido à escassez de pesquisas sobre esta técnica de imagem em pequenos animais.

6. REFERÊNCIAS

1. Reichle JK, Wisner ER. Non-cardiac thoracic ultrasound in 75 feline and canine patients. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2000, 41(2):154-162. doi:10.1111/j.1740-8261.2000.tb01470.x
2. Mattoon JS, Nyland TG. Tórax. In: Nyland TG, Mattoon JS. *Ultrassom Diagnóstico em Pequenos Animais*. 2nd ed. Rocca; 2005:337-364.
3. Assis AR, Feliciano MAR. Ultrassonografia torácica extracardíaca. In: Feliciano MAR, Assis AR, Vicente WRR. (Eds). *Ultrassonografia em cães e gatos*. MedVet; 2019:426-474.
4. Feliciano MAR, Maronezi MC, Pavan L., et al. ARFI elastography as a complementary diagnostic method for mammary neoplasia in female dogs—preliminary results. *Journal of Small Animal Practice*. 2014;55(10):504-508. doi: 10.1111/jsap.12256.
5. Dudea SM, Giurgiu CR, Dumitriu D, Chiorean A, Ciurea A, Coman I. Value of ultrasound elastography in the diagnosis and management of prostate carcinoma. *Medical ultrasonography*. 2011;13(1):45-53.
6. Carvalho CF, Chammas MC, de Oliveira CPS, Cogliati B, Carrilho FJ, Cerri GG. Elastography and contrast-enhanced ultrasonography in the early detection of hepatocellular carcinoma in an experimental model of nonalcoholic steatohepatitis. *Journal of clinical and experimental hepatology*. 2013;3(2), 96-101. doi: 10.1016/j.jceh.2013.04.004
7. Lim CK, Chung CL, Lin YT, et al. (2017). Transthoracic ultrasound elastography in pulmonary lesions and diseases. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2017;43(1):145-152. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2016.08.028
8. Maronezi MC, et al. Elastografia e Ultrassonografia contrastada. In: Feliciano, MAR, Assis, AR, Vicente, WRR. *Ultrassonografia em cães e gatos*. MedVet; 2019:33-42.
9. Wei H, Lu Y, Ji Q, Zhou H, Zhou X. The application of conventional us and transthoracic ultrasound elastography in evaluating peripheral pulmonary lesions. *Experimental and therapeutic medicine*. 2018;16(2):1203-1208. doi: 10.3892/etm.2018.6335

10. Lisciandro, GR. The thoracic FAST3 (TFAST3) exam. *Focused ultrasound for the small animal practitioner*. 2014:140-165. doi: doi.org/10.1002/9781118760772.ch9
11. Reißig A, Kroegel C. Transthoracic sonography of diffuse parenchymal lung disease: the role of comet tail artifacts. *Journal of Ultrasound in Medicine*. 2003;22(2):173-180. doi: 10.7863/jum.2003.22.2.173
12. Louvet A, Bourgeois JM. Lung ring-down artifact as a sign of pulmonary alveolar interstitial disease. *Veterinary Radiology & Ultrasound*. 2008;49(4):374-377. doi: 10.1111/j.1740-8261.2008.00384.x
13. Wilson DW, Dungworth DL. Tumors of the respiratory tract. In: Meuten DJ. (Ed.) *Tumors in domestic animals*. 4th ed. Iowa State Press, Blackwell Publishing; 2002:365-399.
14. Hawkins EC. Distúrbios do sistema respiratório. In: Couto CG, Nelson RW. *Medicina interna de pequenos animais*. 4th ed. Elsevier; 2010:207-350.
15. Stavros AT, Thickman D, Rapp CL, Dennis MA, Parker SH, Sisney GA. Solid breast nodules: use of sonography to distinguish between benign and malignant lesions. *Radiology*, 1995;196(1): 123-134.
16. Paulinelli RR, Vidal CDSR, Ruiz AN, Moraes VAD, Bernardes Júnior JRM, Freitas Júnior, RD. Estudo prospectivo das características sonográficas no diagnóstico de nódulos sólidos da mama. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, 2002;24:195-199.
17. Mattoon JS, Nyland Thorax. In: *Small Animal Diagnostic Ultrasound*, 3rd ed. Elsevier, 2002:204.