

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

Gabriela Anteveli

**ANÁLISE DO USO DA ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR FOCALIZADA EM
BEZERROS**

Belo Horizonte

2024

Gabriela Anteveli

**ANÁLISE DO USO DA ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR FOCALIZADA EM
BEZERROS**

Dissertação apresentada ao colegiado de pós-graduação em Ciência Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Ciência Animal.

Orientador: Tiago Facury Moreira

Belo Horizonte
Escola de Veterinária – UFMG
2024

A627a Anteveli, Gabriela, 1996 -
Análise do uso da Ultrassonografia Pulmonar focalizada em
Bezerros/Gabriela Anteveli. -2024.
48f: il.

Orientador: Tiago Facury Moreira

Dissertação (Mestrado) apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária da
UFMG, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.
Inclui Bibliografia.

1. Bezerro - Doenças - Teses - 2. Pulmão - Diagnóstico - Teses -
I. Moreira, Tiago Facury - II. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola
de Veterinária - III. Título

CDD – 639.089

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes CRB
2569 Biblioteca da Escola de Veterinária, UFMG.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
BIBLIOTECA

DECLARAÇÃO

Declaramos, para os devidos fins, que o usuário(a) Gabriela Anteveli, Usuário 112022666474, (Aluno Pós-Graduação) não possui débito com o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Minas Gerais.

Belo Horizonte, 08 de abril de 2024.

MARCIO ALVES DOS SANTOS
Bibliotecário-Documentalista/Biblioteca



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Alves dos Santos, Bibliotecário-Documentalista**, em 08/04/2024, às 09:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3167847** e o código CRC **ECE9AC38**.

AGRADECIMENTOS

A Deus e meu anjo da guarda que sempre me guiarem ao melhor caminho, que nem sempre é o mais fácil, mas sempre me direciona à felicidade.

Aos meus pais, Célia e Roberval, que sempre se desdobraram para proporcionar o melhor para mim e minha irmã. São minhas referências de caráter e amor incondicional. Parte desse sonho é graças a vocês.

À minha irmã Giovana, que sempre exerceu com excelência seu papel de irmã mais velha, me orientando com suas sábias palavras e me apoiando com amor incondicional. Gratidão por todas as orações, meditações guiadas e conselhos.

Ao meu amor João Pedro, que acima de tudo é meu melhor amigo e foi meu alicerce, sempre presente em todos os momentos da residência e mestrado. Que eu possa ter contribuído da mesma forma no seu doutorado.

Aos meus padrinhos, Heloíse e Márcio, que sempre exerceram a função de segundos pais com excelência.

Aos meus colegas da pós-graduação, Bárbara, Cléber e Guilherme, os quais participaram ativamente do meu experimento e deixaram o clima leve, rendendo boas risadas.

Aos colegas Isabela Melo e Markus, que todo encontro nosso rende boas memórias e risadas.

Aos estagiários Diego, Melissa e Isabela Bernardes, que sempre estão aptos a auxiliar em nossos projetos.

À minha psicóloga Marcela, que se faz presente em minha vida desde a residência. Todas nossas análises possibilitaram a conclusão desse sonho.

Ao João Paulo Andrade, por ter cedido o material do doutorado e acrescentado significativamente para o estudo.

Ao meu orientador Tiago, que mesmo longe se mostrou presente e não largou minha mão nessa caminhada. Minha eterna gratidão.

Aos queridos professores Lobão, Último e Rodrigo, que são minhas referências na clínica de ruminantes, sempre proporcionando aprendizados, conselhos e boas risadas.

Aos professores Rafael Nicolino e Sébastien Buczinski, que ajudaram a consolidar esse projeto e transformá-lo em um futuro artigo.

*“Educação não transforma o mundo. Educação muda
as pessoas. Pessoas transformam o mundo”*

Paulo Freire.

RESUMO

Doença Respiratória Bovina (DRB) apresenta desafios significativos em fazendas de gado de corte e leite, impactando as taxas de mortalidade, o bem-estar animal e a eficiência de produção. Embora a ultrassonografia pulmonar seja altamente sensível e específica para monitorar lesões pulmonares e diagnosticar DRB, sua aplicação prática poderia ser otimizada ao focar nos lobos pulmonares mais comumente afetados. Este estudo avaliou primeiramente a eficácia da ultrassonografia pulmonar focada para diagnosticar DRB em bezerros, examinando lobos pulmonares individuais e suas associações versus a varredura pulmonar extensiva sob vários cenários de prevalência da doença. Em seguida, a relação entre sinais clínicos respiratórios individuais e combinados versus consolidação pulmonar foi analisada. Foram utilizados 193 bezerros Holstein de um estudo longitudinal, avaliados ao longo de diferentes semanas, em conjunto com 112 Angus de um estudo transversal, totalizando 1153 avaliações de 1 a 6 meses de idade usando ultrassonografia torácica bilateral completa, a concordância e sensibilidade da combinação de lobos pulmonares específicos versus os achados totais da ultrassonografia pulmonar. O algoritmo de Árvore de Classificação e Regressão (CART) foi usado para sugerir uma sequência de exame ótima, e regressão logística foi aplicada para associar sinais clínicos específicos com a presença de consolidação pulmonar ajustando para raça e idade do bezerro. Os achados revelam que as áreas mais sensíveis são a porção caudal (K: 0,433; Se: 40,3%) e cranial (K: 0,867; Se: 84,7%) do lobo cranial direito, a porção caudal (K: 0,235; Se: 20,6%) do lobo cranial esquerdo e o lobo médio (K: 0,25; Se: 22%). As combinações ideais de lobos para ultrassonografia pulmonar focada foram identificadas como o lobo cranial direito emparelhado com o lobo cranial esquerdo ou o lobo médio. As técnicas focadas alcançaram sensibilidade acima de 94% e mantiveram boa concordância. O uso dessas técnicas focadas foi relativamente robusto para várias consolidações pulmonares verdadeiras. A análise CART recomendou iniciar os exames com o lobo cranial direito, prosseguindo com o lobo cranial esquerdo e concluindo com o lobo médio. Enquanto a tosse espontânea foi associada à presença de pneumonia, a dependência de um único sinal clínico não é aconselhada devido à sensibilidade moderada (81,47%) e baixa especificidade (74,83%); isso deve apenas indicar uma avaliação adicional por ultrassom. Em conclusão, a ultrassonografia pulmonar focada, especialmente utilizando o lobo cranial direito em conjunto com o lobo cranial esquerdo ou o lobo médio, emergiu como estratégias eficazes para ultrassonografia pulmonar focada, preservando a precisão dos resultados.

Palavras-chave: Lobos pulmonares; Pneumonia; Tosse espontânea; Ultrassonografia pulmonar focalizada.

ABSTRACT

Bovine respiratory disease (BRD) poses significant challenges on beef and dairy farms, impacting mortality rates, animal welfare, and production efficiency. Although pulmonary ultrasonography is highly sensitive and specific for monitoring lung lesions and diagnosing BRD, its practical application could be optimized by focusing on the most commonly affected lung lobes. This study firstly evaluated the efficacy of focused lung ultrasonography for diagnosing BRD in calves, examining individual lung lobes and their associations versus the extensive lung scanning under various disease prevalence scenarios. Then, the relationship between individual and combined clinical respiratory signs vs lung consolidation was analyzed. 193 Holstein calves from a longitudinal study, evaluated over different weeks, were used in conjunction with 112 Angus from a cross-sectional study, totaling 1153 evaluations from 1 to 6 months of age using complete bilateral thoracic ultrasonography, the agreement and sensitivity of specific lung lobes combination vs the total lung ultrasound findings. The Classification and Regression Tree (CART) algorithm was used to suggest an optimal examination sequence, and logistic regression was applied to associate specific clinical signs with the presence of lung consolidation adjusting for breed and calf age. Findings reveal that the most sensitive areas are the caudal (K: 0.433; Se: 40,3%) and cranial (K: 0.867; Se: 84,7%) portions of the right cranial lobe, the caudal portion (K: 0.235; Se: 20,6%) of the left cranial lobe, and the middle lobe (K: 0.25; Se: 22%). The optimal lobe combinations for focused lung ultrasonography were identified as the right cranial lobe paired with either the left cranial lobe or the middle lobe. Focused techniques achieved sensitivity over 94% and maintained good agreement. Using these focused techniques were relatively robust to various true lung consolidation. CART analysis recommended initiating examinations with the right cranial lobe, proceeding to the left cranial lobe, and concluding with the middle lobe. While spontaneous cough was linked to pneumonia presence, reliance on a single clinical sign is not advised due to moderate sensitivity (81,47%) and low specificity (74,83%); it should merely prompt further ultrasound assessment. In conclusion, focused lung ultrasonography, especially utilizing the right cranial lobe in conjunction with the left cranial lobe or the middle lobe, emerged as effective strategies for focused pulmonary ultrasonography, preserving the accuracy of the results.

Key-words: Pulmonary lobes; Pneumonia; Spontaneous cough; Focused ultrasonography.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Avaliações ultrassonográficas foram realizadas nos bezerros de corte e de leite do 10° ao 1° espaço intercostal (EIC) no pulmão direito e do 10° ao 2° EIC no pulmão esquerdo utilizando aparelho KX5100 (Kaixin®), com uma sonda transretal de 6,5 MHz ajustada para uma profundidade de 9 cm e uso de álcool etílico 70%.	31
Figura 2. Lobos e porções pulmonares e seus respectivos valores de sensibilidade (Se), concordância (valor de Kappa; K) e intervalos de confiança (IC).	35
Figura 3. Valores de Kappa e sensibilidade das diferentes áreas anatômicas do pulmão e suas combinações para detecção de áreas de consolidação em comparação com a ultrassonografia torácica total em bezerros.	36
Figura 4. Avaliação CART dos lobos pulmonares apresentando 3 níveis de profundidade, com o primeiro nível o lobo cranial direito total (lobecranielrighttotal), seguido do lobo cranial esquerdo (lobecraniellefttotal) e por último o lobo médio (lobemedium).	37
Figura 5. Análise da diferença entre a prevalência verdadeira e a prevalência aparente determinada pelas diferentes associações lobares de maior sensibilidade em diferentes cenários de prevalência de doença pulmonar. Figura A corresponde ao pulmão direito total; figura B a associação do lobo cranial direito e esquerdo; Figura C ao lobo cranial direito com lobo médio.	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Adaptação de Ollivett et al. (2015) sobre a localização dos lobos pulmonares do pulmão esquerdo e direito e as referências anatômicas ventrais.	31
Tabela 2. Avaliação de regressão logística com Odds Ratio dos sinais clínicos específicos, sendo fixado as categorias de dias de vida e raça.	39

LISTA DE ABREVIATURAS

BRSV – Vírus sincicial respiratório bovino

CART - Classification and Regression Trees

Cm- centímetros

DRB- Doença respiratória bovina

EIC- Espaço intercostal

ELISA - Ensaio de imunoabsorção enzimática

GMD- Ganho médio diário

IC- Intervalo de confiança

K -Kappa

M² -metro quadrado

MHz- Megahertz

PCR- Reação em cadeia da polimerase

UST- ultrassonografia torácica

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
HIPÓTESE	13
OBJETIVOS	13
Objetivo geral	13
Objetivos específicos.....	13
CAPÍTULO I-.....	14
1 REVISÃO DE LITERATURA	14
1.1. Perdas econômicas.....	14
1.2. Escores clínicos	15
1.3. Monitoramento automatizado de temperatura.....	16
1.6. Radiografia torácica.....	18
2 ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR	19
2.1. Escores ultrassonográficos	21
2.2. Ultrassonografia pulmonar localizada.....	21
CAPÍTULO II.....	23
RESUMO	26
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	28
2.1. Rebanho de corte	29
2.2. Rebanho de leite	29
2.3. Avaliações	30
2.4. Análises estatísticas	32
3 RESULTADOS	33
4 DISCUSSÃO.....	39
5 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	44

INTRODUÇÃO

A doença respiratória bovina, amplamente reconhecida, constitui a principal causa de mortalidade em bezerros desmamados e a segunda em bezerros lactentes, superada apenas pela diarreia (USDA,2014; Baptista *et al.*, 2017). Além da mortalidade, os prejuízos econômicos se estendem às sequelas crônicas nos sobreviventes, afetando bem-estar, fertilidade, produção leiteira e rendimento de carcaça (Blakebrough-Hall *et al.*,2020; Buczinski et al. 2021, Teixeira et al., 2017). Ao final, os custos de bovinos acometidos por esta doença são elevados e seu retorno líquido pode ser insignificante em relação àqueles destinados aos animais saudáveis (Cernicchiaro *et al.*, 2013).

A interação de múltiplos patógenos e fatores de risco, juntamente com o diagnóstico precoce ineficaz, perpetua a prevalência desta enfermidade entre as mais comuns nos rebanhos. A dificuldade de diagnóstico precoce, especialmente na forma subclínica caracterizada pela broncopneumonia sem sinais clínicos evidentes, ressalta a importância do monitoramento contínuo e periódico desses animais, preferencialmente por métodos capazes de avaliar o parênquima pulmonar (Ollivett, 2019).

O uso da ultrassonografia, já consolidado na reprodução, vem ganhando terreno na avaliação pulmonar bovina, com estudos revelando alta sensibilidade (85-94%) e especificidade (98-100%) quando comparada a achados *post-mortem*, oferecendo um diagnóstico rápido sem a necessidade de anestesia ou exposição à radiação (Rabeling *et al.*, 1998; Ollivett *et al.*, 2015; Ollivett; Buczinski, 2016; Ollivett, 2020). Sua confiabilidade justifica o uso não só para diagnóstico, mas também como ferramenta de monitoramento, contribuindo para a identificação de fatores de risco e avaliação da resposta ao tratamento (Ollivett, 2019).

A focalização da técnica ultrassonográfica surge como uma estratégia promissora para otimizar a avaliação sem comprometer sua eficácia. Sabendo que os locais de maiores incidências de lesões são os lobos craniais e o lobo médio, ambos do lado direito, Pravettoni *et al.* (2021) testaram a técnica localizada com os aspectos caudais dos lobos craniais com o lobo médio, apresentando resultados promissores. Entretanto, em prevalências baixas, os autores não recomendaram o uso da técnica pela redução da sensibilidade e consequente aumento no número de falsos negativos. O segundo estudo relacionado foi de Masset *et al.* (2022), os quais avaliaram diferentes porções do tórax e suas associações, encontrando bons resultados

relacionados à parte cranial e média do tórax direito, sugerindo o uso da técnica como uma forma eficaz.

Nosso estudo busca encontrar quais as melhores áreas pulmonares e suas associações para realizar o exame de ultrassonografia pulmonar em diferentes situações de prevalências com um número de bezerros de leite e corte maior que os estudos citados e com variadas idades, buscando os métodos que mantenham a alta sensibilidade e concordância com a ultrassonografia pulmonar bilateral total. Ainda, com auxílio de algoritmos de regressão logística, nosso estudo será o primeiro a fornecer uma ordem prioritária da melhor sequência de avaliação e a relação com os sinais clínicos.

HIPÓTESE

A ultrassonografia pulmonar focalizada possui uma boa concordância e alta sensibilidade e especificidade, sendo uma alternativa como método confirmatório para doença respiratória bovina.

OBJETIVOS

Objetivo geral

- Avaliar quais lobos pulmonares e associações são mais sensíveis e possuem boa concordância com a ultrassonografia pulmonar bilateral completa, possibilitando que o uso da ultrassonografia localizada mantenha uma boa confiabilidade.

Objetivos específicos

- Determinar a sensibilidade e concordância dos lobos pulmonares de bezerros de corte e leite em relação a ultrassonografia pulmonar bilateral.
- Determinar a sensibilidade e a concordância da associação entre diferentes lobos pulmonares comparando com a ultrassonografia pulmonar bilateral.
- Avaliar as associações de alta acurácia em diferentes taxas de prevalências da doença respiratória bovina.
- Verificar entre os lobos mais sensíveis a melhor ordem de avaliação ultrassonográfica.

- Avaliar a regressão linear dos sinais clínicos específicos correlacionando com a presença de pneumonia (consolidação ≥ 1 cm).
- Avaliar a regressão logística da idade dos bezerros correlacionando com a presença de pneumonia (consolidação ≥ 1 cm)

CAPÍTULO I-

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1. Perdas econômicas

O Brasil mantém-se como o terceiro maior produtor mundial de leite e está entre os principais produtores de carne (MAPA, 2022), com projeções indicando que se tornará o maior exportador de carnes até 2031. Contudo, o aumento no número de animais traz consigo maiores desafios sanitários, destacando-se a doença respiratória bovina (DRB), principal causa de mortalidade em confinamentos e em bezerras desmamadas, conforme relatado por Baptista *et al.* (2017) e USDA (2014), respectivamente.

As perdas associadas à DRB transcendem a mortalidade, incluindo custos adicionais e demanda de mão de obra quando tratamentos iniciais se mostram ineficazes ou o diagnóstico é tardio, necessitando da substituição de medicamentos e reinício do tratamento (Booker, 2020). Animais submetidos a tratamentos repetidos apresentam menor ganho médio diário (GMD) e carcaças de qualidade inferior, com menor marmoreio e peso (Blakebrough-hall; Mcmeniman; González, 2020). O impacto financeiro é tal que o retorno líquido de animais repetidamente tratados por DRB pode ser insignificante ou até gerar prejuízos (Cernicchiaro *et al.*, 2013).

Nos Estados Unidos, os custos associados à DRB em confinamentos alcançam aproximadamente 274,84 milhões de dólares anuais (Pell, 2020), enquanto no Brasil, Baptista *et al.* (2017) estimam perdas anuais de 11,8 milhões de dólares, valor este que possivelmente aumentou devido à expansão dos confinamentos e ao custo crescente da produção.

No contexto da produção leiteira, animais acometidos por DRB apresentam maior risco de mortalidade ou descarte antes do primeiro parto em comparação com bezerras saudáveis (Buczinski; achard; Timsit, 2021). Sobreviventes crônicos exibem redução no GMD, com Jourquin *et al.* (2023) observando bezerros com pneumonias não recuperadas apresentando um

GMD de 992 g/dia, contra 1.103 g/dia e 1.046 g/dia em bezerros saudáveis e recuperados, respectivamente. Os custos de curto prazo para esses animais doentes podem alcançar aproximadamente US\$42,15 por animal até a pré-desmama (Dubrovsky *et al.*, 2020). Se permanecerem na produção, as lesões pulmonares crônicas podem impactar negativamente a primeira lactação, com primíparas crônicas produzindo 121 litros a menos de leite do que vacas saudáveis, elevando ainda mais os custos (Buczinski; Achard; Timsit, 2021).

Esses dados sublinham a importância de métodos diagnósticos precisos e intervenções precoces contra a DRB, visando não apenas o bem-estar animal, mas também a otimização da performance produtiva e a maximização do retorno financeiro para os produtores.

1.2. Escores clínicos

Para aprimorar o manejo e controle da doença respiratória bovina (DRB) em rebanhos, pesquisadores desenvolveram escores baseados nos sinais clínicos observados em bezerros (Love *et al.*, 2014; McGuirk, 2008). McGuirk (2008) propôs o primeiro escore, classificando a presença de tosse (espontânea ou induzida), descarga nasal e ocular, posicionamento das orelhas e temperatura retal (entre 37,2 e 39,2°C). Bezerros com pontuação igual ou superior a 5 devem receber tratamento. Embora tenha apresentado resultados positivos na detecção de quadros respiratórios, a subdivisão em variantes pode resultar em pontuações variáveis para um mesmo indivíduo, comprometendo a confiabilidade do escore (Love *et al.*, 2014).

Love *et al.* (2014) desenvolveram um escore clínico com as mesmas categorias de sinais de que o escore de McGuirk, mas adotaram uma abordagem dicotômica de "presença" ou "ausência" para cada sinal, considerando animais com pontuação maior ou igual a 4 como positivos.

Andrade (2017) avaliou os escores em conjunto com radiografia torácica e ultrassonografia pulmonar. Utilizando a radiografia como "padrão ouro", a ultrassonografia apresentou a maior sensibilidade (52%), seguida pela auscultação (25%), escore de McGuirk (25%) e escore de Love *et al.* (18%). As especificidades foram altas para todos os métodos, com 94% para o escore de McGuirk (2008) e 90% para o escore de Love *et al.* (2014).

Os escores clínicos são úteis para identificar sinais clínicos e orientar tratamentos, mas não substituem outras formas de avaliação devido à sua natureza subjetiva e à possibilidade de outros diagnósticos diferenciais manifestarem sinais clínicos semelhantes. Ainda, a ausência de sinais clínicos não significa a falta de lesões pulmonares, principalmente em animais que apresentam pneumonia subclínica (Ollivett; Buczinski, 2016; Ollivett, 2018; Jourquin *et al.*, 2023). Com isso, uma propriedade que ainda utiliza apenas sinais clínicos para diagnóstico de DRB pode apresentar altos índices de mortalidade e de animais crônicos (Buczinski *et al.*, 2015).

Uma forma de utilizar os escores clínicos é associá-los aos métodos de imagem, como a ultrassonografia pulmonar. Assim, será possível diferenciar as afecções do trato respiratório superior, caso o animal apenas tenha sinais clínicos, ou de trato respiratório inferior, quando a ultrassonografia detectar lesões pulmonares associadas aos sinais (Ollivett; Buczinski, 2016; Ollivett, 2018).

1.3. Monitoramento automatizado de temperatura

Foram desenvolvidos métodos diagnósticos com o intuito de reduzir o estresse e simplificar os manejos nas fazendas, possibilitando a detecção precoce da doença respiratória bovina (DRB) sem a necessidade de conter os animais durante todos os procedimentos. Timsit *et al.* (2011) investigaram o uso da temperatura obtida por *bolus* reticulorruminais, observando que animais com quadros clínicos de pneumonia apresentaram aumento na temperatura ruminal, em média, 24 horas antes dos sinais clínicos se manifestarem, com uma correlação significativa com a temperatura retal. Entretanto, diversos fatores podem influenciar a temperatura desses pré-estômagos, como a ingestão de água em diferentes temperaturas, dietas de alta fermentação e outras enfermidades que causam hipertermia (Timsit *et al.*, 2011).

Outra abordagem explorada foi a termografia infravermelha como alternativa às técnicas convencionais, alcançando uma eficácia de 93% na detecção precoce da DRB (Schaefer *te al.*, 2012). Apesar de ser mais prática do que métodos laboratoriais, como PCR, imunohistoquímica e ELISA, é recomendada sua combinação com outros diagnósticos para resultados mais específicos, visto que dor, estresse e medo também podem alterar a troca térmica do animal.

Pesquisas mais recentes indicam que a hipertermia é o segundo sinal clínico mais associado a áreas de consolidação pulmonar (≥ 1 cm) confirmadas por ultrassonografia, sendo superada apenas pela tosse espontânea (Lowie *et al.*, 2021). Contudo, a temperatura permanece um indicador clínico inespecífico, podendo ser influenciada por diversas outras condições.

1.4. Biomarcadores no acompanhamento de doença respiratória

O uso de biomarcadores para a detecção precoce de doenças respiratórias e para auxiliar na previsão dos desfechos clínicos é um campo de pesquisa promissor. Esses indicadores podem incluir proteínas de fase aguda, hormônios relacionados ao estresse, como o cortisol, biomarcadores sanguíneos ou não sanguíneos, além de marcadores ômicos (Li *et al.*, 2022).

A haptoglobina, uma proteína de fase aguda, mostra aumentos significativos em animais com broncopneumonia e tem demonstrado ser útil no monitoramento da eficácia dos tratamentos. Contudo, ainda há divergências nas pesquisas sobre a concentração que deve ser considerada preocupante (Li *et al.*, 2022).

A eficácia de diferentes biomarcadores é frequentemente avaliada pela expressão genética desses indicadores envolvidos na resposta imune. Os resultados têm sido promissores, com estudos indicando que genes relacionados à fagocitose, produção de citocinas pró-inflamatórias e síntese e liberação de leucócitos são indicativos confiáveis de doenças respiratórias (Elder *et al.*, 2023; Scott *et al.*, 2021).

Um estudo específico investigou biomarcadores de mRNA no sangue total de bezerros leiteiros infectados pelo Vírus Respiratório Sincicial Bovino (BRSV), uma causa viral comum da DRB. A análise de expressão gênica diferencial revelou 281 genes com expressão alterada entre bezerros desafiados pelo BRSV e controles, incluindo genes envolvidos em respostas imunológicas e a infecções virais (Scott *et al.*, 2022).

No entanto, persistem questões importantes, como o aumento da expressão gênica em resposta a outras doenças inflamatórias e as possíveis variações na expressão entre animais de diferentes idades (Scott *et al.*, 2021). Além disso, a complexidade e os custos das análises, a necessidade de equipamentos especializados não disponíveis em todas as clínicas veterinárias e a variabilidade interindividual podem complicar a interpretação dos resultados. A especificidade e sensibilidade de muitos biomarcadores ainda não são completamente entendidas, o que pode resultar em diagnósticos imprecisos (Li *et al.*, 2022).

Portanto, apesar do potencial dos biomarcadores em melhorar o diagnóstico e prognóstico da DRB, mais pesquisas são necessárias para superar esses desafios e validar seu uso clínico.

1.6. Radiografia torácica e tomografia computadorizada

A radiografia torácica é uma ferramenta valiosa para o diagnóstico de doenças respiratórias em bezerros, oferecendo uma visão detalhada das estruturas pulmonares e facilitando a identificação de padrões patológicos. A maioria das alterações pulmonares manifesta-se como áreas radiopacas, que podem ser consolidações, efusões pleurais, abscessos, fluidos e ar extrapulmonar, diferenciáveis pela experiência do avaliador (Farrow, 1999).

Estudos anteriores demonstraram sensibilidade de 94% e especificidade de 50% na avaliação pulmonar de vacas, correlacionando com achados *post-mortem* (Masseau *et al.*, 2008). Uma das razões para essa baixa especificidade é a sobreposição das estruturas torácicas, um dos aspectos negativos da técnica (Masseau *et al.*, 2008). Com isso em mente, técnicas de projeção foram desenvolvidas para minimizar a sobreposição em áreas com alta incidência de lesões, como os lobos craniais (Shimbo *et al.*, 2019), sendo a técnica "três patas" uma que melhorou a visualização desses lobos. Este método consiste abduzir os membros posteriores afim de aumentar a região de apoio, amarrar o membro anterior do lado oposto ao exame caudalmente para evitar a sobreposição na imagem, e estender cranialmente o membro anterior que receberá as ondas radiográficas.

Para melhorar a qualidade da imagem, sugere-se o uso de grades anti-dispersão com relação de 3:1, que permite a projeção de imagem em bezerros de diferentes pesos e faixas etárias, além de minimizar a radiação dispersa (Shimbo *et al.*, 2018). No entanto, a técnica enfrenta desafios como o alinhamento preciso da grade e do foco do raio X, além do aumento necessário da corrente do tubo para compensar a atenuação da grade.

Comparando a radiografia torácica com a ultrassonografia pulmonar, não foram encontradas diferenças significativas, sendo ambos os métodos eficazes para o diagnóstico de broncopneumonia (Berman *et al.*, 2020). O que limita o uso da técnica radiográfica em campo é sua menor praticidade em comparação à ultrassonografia, necessitando de uma contenção mais elaborada para ajustar a grade, com o uso de cordas para amarrar as patas do animal ou até mesmo deitá-lo quando estiver reativo, tornando o monitoramento de vários animais com o aparelho mais trabalhoso.

A tomografia computadorizada (TC) atualmente é o que temos mais próximo ao “padrão ouro” dos métodos diagnósticos confirmatórios, inclusive permitindo avaliar a progressão e regressão de lesões pulmonares (Luubers *et al.*, 2007; Berman *et al.*, 2020). Uma outra forma de tomografia recentemente inserida nas pesquisas é a tomografia de impedância elétrica, que consiste na utilização de correntes elétricas imperceptíveis que avaliam as mudanças de impedância elétrica do corpo, as quais podem ocorrer em processos patológicos (Brabant *et al.*, 2024).

Apesar de promissor, o uso da tomografia na medicina de produção é escasso, devido a necessidade de sedação, dos altos custos do aparelho e pelo uso ser limitado a áreas hospitalares (Luubers *et al.*, 2007).

2 ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR

Na década de 90, a crescente utilização da ultrassonografia na reprodução motivou sua introdução no diagnóstico da doença respiratória bovina (DRB), apresentando desde então resultados promissores (Rabeling, 1998). A ultrassonografia tornou-se uma tecnologia aliada na identificação da DRB, com estudos iniciais demonstrando alta sensibilidade (85%-94%) e especificidade (98%-100%) do método (Rabeling, 1998; Ollivett *et al.*, 2015). Sua acurácia, comparável à da radiografia torácica (Berman *et al.*, 2020; Andrade, 2017), oferece vantagens como a ausência de riscos de radiação e menor custo de investimento (Ollivett; Buczinski, 2016). A associação com escores clínicos torna o diagnóstico ainda mais preciso, diferenciando as afecções do trato respiratório superior ou inferior.

Nas fazendas com alta incidência de DRB, problemas recorrentes nos protocolos terapêuticos dos animais incluem doses inadequadas, tempo de ação insuficiente ou resistência antimicrobiana (Ollivett, 2020). A ultrassonografia pulmonar pode auxiliar no monitoramento da eficácia do protocolo terapêutico, verificando a regressão da área consolidada (Alves, 2021).

Além de diagnosticar lesões pulmonares e acompanhar tratamentos, o uso periódico da ultrassonografia facilita o estudo epidemiológico de cada rebanho, indicando fatores de risco (Ollivett, 2019). Fatores como falhas na transferência de imunidade passiva ou controle inadequado de diarreias e da tristeza parasitária bovina podem predispor ao desenvolvimento precoce da DRB (Woolums *et al.*, 2013; Andrade, 2021). Bezerros diagnosticados tardiamente, já com escore ultrassonográfico igual ou superior a 3 no primeiro tratamento, podem indicar a readequação dos métodos de monitoramento (Ollivett, 2019; Andrade, 2021).

Pensando nisso, Ollivett (2019) propôs o monitoramento ultrassonográfico "Wean Clean", composto por quatro etapas:

1. Início da desmama: avaliar quantos bezerros estão com pneumonia nesta fase.
2. Início do tratamento: verificar quantos animais apresentam escore > 3 e < 2 no primeiro tratamento.
3. 7 a 10 dias após o tratamento: contar quantos bezerros têm escore menor que 2 após o primeiro tratamento.
4. Scan 12x7: O objetivo dessa etapa é identificar qual faixa etária apresenta maiores índices de doença respiratória. Com isso, deve ser montados grupos com 12 bezerros ou máximo que estiver a disposição e separar em semanas de vida, sendo o início aos 7 dias.

É aceitável que, nas etapas 1, 2 e 3, a porcentagem de bezerros afetados seja menor que 15%. Caso contrário, a propriedade pode ter falhas de manejo que precisam ser reavaliadas.

A facilidade de identificar consolidações permite que profissionais com diferentes níveis de conhecimento sobre ultrassonografia possam manusear o aparelho após breve treinamento, facilitando seu uso rotineiro e o monitoramento (Buczinski, *et al.*, 2018). Além disso, outras lesões podem ser visualizadas como a efusão pleural, abscessos, atelectasia, enfisemas e pneumotórax (Babkine; Blond, 2009).

Contudo, a ultrassonografia pulmonar tem suas limitações. Lesões profundas no parênquima podem dificultar o alcance das ondas sonoras (Babkine; Blond, 2009). Ainda, a visualização ultrassonográfica de uma lesão não permite distinguir se é decorrente do quadro respiratório atual ou de episódios anteriores, reforçando a importância do histórico dos animais durante o monitoramento (Lowie *et al.*, 2022).

2.1. Escores ultrassonográficos

Para aumentar a eficiência e uniformizar os monitoramentos por ultrassonografia, foram propostos certos escores ultrassonográficos. O pioneiro desses escores considera os centímetros das lesões detectadas, adotando a seguinte pontuação (Ollivett *et al.*, 2015): ausência de lesões (escore 0); presença de caudas de cometa (escore 1); lesões de 1 cm a 2cm (escore 2); consolidação entre 2 e 3 cm (escore 3); consolidação de 3 cm ou mais (escore 4). Contudo, sua aplicação é onerosa por exigir a mensuração da área consolidada, prolongando o tempo de avaliação por animal (Ollivett; Buczinski, 2016).

O segundo escore, desenvolvido posteriormente, avalia a extensão lobular ou lobar afetada (Ollivett; Buczinski, 2016), classificando-se em: ausência de lesões (escore 0); presença de caudas de cometa (escore 1); consolidação lobular (escore 2); consolidação de um lobo (escore 3); consolidação de dois lobos (escore 4); consolidações de três ou mais lobos (escore 5). Para testar a eficácia desse escore, Cramer e Ollivett (2019) investigaram diferenças no desempenho de bovinos entre os seis níveis. Ao final, constataram que não houve diferenças significativas no ganho médio diário entre os animais de escores 2, 3, 4 e 5, sugerindo que uma abordagem mais dicotômica simplificaria o monitoramento. Baseado nisso, propuseram reclassificar em apenas duas categorias: sem lesão (escore 0) e com consolidação de 1 cm ou mais (escore 1).

2.2. Ultrassonografia pulmonar focalizada

Como demonstrado anteriormente, a busca por métodos que facilitem e agilizem o monitoramento por meio de pontos estratégicos e escores é uma realidade há alguns anos. Na tentativa de melhor entender a capacidade da ultrassonografia como método diagnóstico para doenças respiratórias, estudos indicaram que a maioria das lesões se localiza nos lobos craniais,

especialmente no lobo cranial direito (Ollivett *et al.*, 2015; Ollivett; Buczinski, 2016). Diante disso, surgiu uma nova estratégia que questionava se a ultrassonografia torácica focalizada seria suficiente para diagnosticar doenças respiratórias, mantendo uma acurácia comparável à da ultrassonografia pulmonar completa. Pravettoni *et al.* (2021) foram pioneiros nessa investigação, avaliando a ultrassonografia localizada que incluiu os aspectos caudais dos lobos craniais direito e esquerdo, além do lobo médio em comparação com a ultrassonografia pulmonar completa. Os resultados mostraram que a ultrassonografia localizada só apresentava vantagens quando a prevalência da doença era alta (30% e 50%), sendo que prevalências menores aumentavam o número de falsos negativos, devido a uma redução da sensibilidade do método. A exclusão do aspecto cranial do lobo cranial direito, aliada ao baixo número de animais no estudo, pode ter contribuído para o aumento de falsos negativos.

O segundo e último estudo sobre ultrassonografia localizada foi realizado por Masset *et al.* (2022), que analisaram diferentes porções do tórax e suas associações, comparando-os com a ultrassonografia pulmonar completa em bezerros mestiços. Ao final, os autores concluíram que a inclusão do lobo cranial direito e do lobo médio é essencial para a confiabilidade do método.

Esse estudo apresentou resultados promissores quanto ao uso da ultrassonografia pulmonar localizada. No entanto, os bezerros avaliados tinham em média 33 dias de vida, o que levanta questões sobre a eficácia diagnóstica em animais maiores, que podem apresentar maior massa muscular (Ollivett; Buczinski, 2016).

Portanto, nosso estudo pretende construir sobre as bases dos trabalhos anteriores, adicionando informações valiosas para validar o lobo cranial direito como método diagnóstico e avaliar outros lobos potenciais, utilizando bezerros de diferentes idades, pesos e raças. Testamos também a sensibilidade dos lobos em diversas prevalências para determinar o que efetivamente pode servir como método diagnóstico focal.

REFERÊNCIAS

- ALVES, B.A. **Ultrassonografia torácica no monitoramento de doença respiratória bovina em bezerras**. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.
- ANDRADE, J. P. **Métodos de diagnóstico na avaliação pulmonar de bezerros**. 2017. 76f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) -Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
- ANDRADE, J.P. **Diagnóstico e monitoramento da doença respiratória em bezerras da raça holandês, através de escores clínicos e exame ultrassonográfico, e sua relação com os fatores de risco e índices de desempenho**. 120f. Tese (Doutorado em ciência animal) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.
- BAPTISTA, A. L et al. Bovine respiratory disease complex associated mortality and morbidity rates in feedlot cattle from southeastern Brazil. **Journal of Infection in Developing Countries**, vol. 11, no 10, p. 791–799, 2017.
- BABKINE, M.; BLOND, L. Ultrasonography of the Bovine Respiratory System and Its Practical Application. *Vet. Clin. North Am. - Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, v. 25, n. 3, p. 633–649, 2009.
- BERMAN, J.et al. Comparison between thoracic ultrasonography and thoracic radiography for the detection of thoracic lesions in dairy calves using a two-stage Bayesian method. **Preventive Veterinary Medicine**, v. 184, 2020.
- BLAKEBROUGH-HALL, C.; MCMENIMAN, J. P.; GONZÁLEZ, L. A. An evaluation of the economic effects of bovine respiratory disease on animal performance, carcass traits, and economic outcomes in feedlot cattle defined using four BRD diagnosis methods. **Journal of Animal Science**, v. 98, n.2, 2020.
- BOOKER, C. W. Bovine respiratory disease treatment failure: Definition and impact. **Animal Health Research Reviews**, v. 21, n. 2, p. 172–174, 2020.
- BRABANT, O. et al. Thoracic electrical impedance tomography identifies heterogeneity in lungs associated with respiratory disease in cattle: a pilot study. **Frontiers in Veterinary Science**, v.10, n.1, p. 1-12, 2024.
- BUCZINSKI, S.; ACHARD, D.; TIMSIT, E. Effects of calfhooD respiratory disease on health and performance of dairy cattle: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 7, p. 8214–8227, 2021.
- CERNICCHIARO, N. et al. Evaluation of economic and performance outcomes associated with the number of treatments after an initial diagnosis of bovine respiratory disease in commercial feeder cattle. *American Journal of Veterinary Research*, v.74, n.2, p. 300-309, 2013.
- CRAMER, M. C.; OLLIVETT, T. L. Growth of preweaned, group-housed dairy calves diagnosed with respiratory disease using clinical respiratory scoring and thoracic ultrasound—A cohort study. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 5, p. 4322–4331, 2019.

DUBROVSKY, S. A. et al. Preweaning cost of bovine respiratory disease (BRD) and costbenefit of implementation of preventative measures in calves on California dairies: The BRD 10K study. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1583–1597, 2020.

ELDER, L. A. et al. Differential gene expression in peripheral leukocytes of pre-weaned Holstein heifer calves with respiratory disease. **PLoS ONE**, v. 18, n. 5, 2023.

FARROW, C. S. Bovine pneumonia. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 15, n. 2, p. 301–358, 1999.

JOURQUIN, S. et al. Dynamics of subclinical pneumonia in male dairy calves in relation to antimicrobial therapy and production outcomes. **Journal of Dairy Sciences**, v.106, n.1, p.676-689, 2023.

LI, J. et al. A systematic review of the utility of biomarkers as aids in the Early diagnosis and outcome prediction of bovine respiratory disease complex in feedlot cattle. **Journal of Veterinary Diagnostic Investigation**, v. 34, n.4, p. 577-586, 2022.

LOVE, W. J. et al. Development of a novel clinical scoring systemfor on-farmdiagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. **PeerJ**, v. 2014, n. 1, 2014.

LOWIE, T. et al. Differences in the association of cough and other clinical signs with ultrasonographic lung consolidation in dairy, veal, and beef calves. **Journal of Dairy Science**, vol. 105, n. 7, p. 6111–6124, 2022.

LUUBERS, B.V. et al. Use of computed tomography to evaluate pathologic changes in the lungs of calves with experimentally induced respiratory tract disease. **American Journal of Veterinary Research**, v.68, n.11, p. 1259-1264, 2007.

MASSEAU, I. et al. Radiographic detection of thoracic lesions in adult cows: A retrospective study of 42 cases (1995-2022). **Canadian Veterinary Journal**, v.49, p261-267, 2008.

MASSET, N. et al. Ultrasonography of the cranial part of the thorax is a quick and sensitive technique to detect lung consolidation in veal calves. **Veterinary Medicine and Science**, v. 8, n. 3, p. 1229–1239, 2022.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Projeções do agronegócio: Brasil 2021/22 à 2031/32. 13° Ed. Brasília: SPA/MAPA.2022. p.111.

MCGUIRK, S. M. Disease Management of Dairy Calves and Heifers. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 24, n. 1, p. 139–153, 2008.

OLLIVETT, T. L. et al. Thoracic Ultrasonography and Bronchoalveolar Lavage Fluid Analysis in Holstein Calves with Subclinical Lung Lesions. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v.29, n.6, p.1728–1734,2015.

OLLIVETT, T. L.; BUCZINSKI, S. On-Farm Use of Ultrasonography for Bovine Respiratory Disease. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 32, n. 1, p. 19–35, 2016.

OLLIVETT, T.L. Thoracic ultrasound to monitor lung health and assist decision making in preweaning dairy calves. **American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings**, p.185-187, 2018.

OLLIVETT, T. L. Calf Health Module – #WeanClean. In: The Dairyland Initiative: Calf Health Module. School of Veterinary Medicine – University of Wisconsin-Madison. Madison, 2019. Disponível em: <<https://thedairylandinitiative.vetmed.wisc.edu/home/calf-health-module/>>.

OLLIVETT, T. L. Brd treatment failure: Clinical and pathologic considerations. **Animal Health Research Reviews**, v. 21, n. 2, p. 175–176, 2020.

PEEL, D. S. The Effect of Market Forces on Bovine Respiratory Disease. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 36, n. 2, p. 497–508, 2020.

PRAVETTONI, D. et al. A. Short communication: Diagnostic accuracy of focused lung ultrasonography as a rapid method for the diagnosis of respiratory disease in dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 4, p. 4929–4935, 2021.

RABELING, B. et al. Ultrasonographic findings in calves with respiratory disease. **The Veterinary Record**, v. 143, n.17, p.468-471, 1998.

SCHAEFER, A. L. et al. The non-invasive and automated detection of bovine respiratory disease onset in receiver calves using infrared thermography. *Res. Vet. Sci.*, v. 93, n. 2, p. 928–935, 2012.

SCOTT, M. A. et al. Multipopulational transcriptome analysis of post-weaned beef cattle at arrival further validates candidate biomarkers for predicting clinical bovine respiratory disease. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.

SCOTT, M. A. et al. Use of nCounter mRNA profiling to identify at-arrival gene expression patterns for predicting bovine respiratory disease in beef cattle. **BMC Veterinary Research**, v. 18, n. 1, 2022.

SHIMBO, G. et al. Evaluation of grid performance for thoracic radiography in calves using a portable x-ray unit. **Japanese Journal of Veterinary Research**, v. 66, n. 1, p. 13–19, 2018.

SHIMBO, G. et al. Three-legged radiographic view for evaluating cranioventral lung region in standing calves with bovine respiratory disease. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 81, n.1, p. 120–126, 2019.

TEIXEIRA, A. G. V.; MCART, J. A. A.; BICALHO, R. C. Thoracic ultrasound assessment of lung consolidation at weaning in Holstein dairy heifers: Reproductive performance and survival. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 4, p. 2985–2991, 2017.

TIMSIT, E. et al. Early detection of bovine respiratory disease in young bulls using reticulorumen temperature boluses. **Veterinary Journal**, v. 190, n.1, p. 136–142, 2011.

USDA. Dairy 2014, Health and Management Practices on U.S. Dairy Operations. Fort Collins (CO): USDA: APHIS:VS, CEAH, 2014.

WOOLUMS, A.R. et al. Producer survey of herd-level risk factors for nursing beef calf respiratory disease. **Journal of American Veterinary Medical Association**, V.243, n.4, p.538-547, 2013.

CAPÍTULO II

ANÁLISE DO USO DA ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR FOCALIZADA EM BEZERROS.

ANALYSIS OF THE USE OF FOCUSED PULMONARY ULTRASONOGRAPHY IN CALVES.

G. Anteveli¹, J.P. Andrade¹, B.A. Alves¹, J.P. Matiello¹, G.S. Lemos¹, C.S. Oliveira¹, M. Guedes¹, R. R. Nicolino², E. J. Facury-Filho¹, R. M. Meneses,¹ A. U. Carvalho¹, S. Buczinski³, T.F. Moreira^{1*}

¹ Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinárias, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 31270-901, Brazil

² Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 31270-901, Brazil

³ Département des Sciences Cliniques, Faculté de Médecine Vétérinaire, Université de Montréal, St-Hyacinthe, QC, Canada.

***Corresponding author:** Tiago Facury Moreira, Av. Antônio Carlos, 6627, Postal Code 567, Escola de Veterinária, campus Pampulha da UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais 31270-901, Brazil. Tel: +55 31 971270773. E-mail: tiagofacuryvet@gmail.com:

RESUMO

A ultrassonografia pulmonar focalizada surge como uma possibilidade para aumentar a praticidade da técnica, mas o método escolhido deve ser avaliado para manter a alta sensibilidade independente da prevalência de doença respiratória do rebanho. O estudo analisou a concordância e a sensibilidade dos lobos pulmonares, combinando diferentes lobos e avaliando as associações com as melhores sensibilidades para verificar sua eficácia em relação à ultrassonografia pulmonar total em variadas prevalências. Utilizando o algoritmo Classification and Regression Trees (CART), foi identificada a prioridade dos lobos avaliados, e a regressão logística foi realizada para correlacionar a idade dos bezerros, os sinais clínicos específicos e a presença de pneumonia. As combinações do lobo cranial direito com o lobo cranial esquerdo ou lobo cranial direito com lobo médio mostraram-se eficazes, com sensibilidades semelhantes à ultrassonografia pulmonar total bilateral independente da prevalência. A análise do algoritmo CART permitiu identificar que a melhor ordem de exame é iniciada com o lobo cranial direito, seguido do lobo cranial esquerdo e finalizado com o lobo médio. A presença da tosse espontânea foi associada à presença de pneumonia, no entanto, utilizar apenas um sinal clínico não foi recomendado devido à sua moderada sensibilidade e baixa especificidade, sendo apenas um alerta para a necessidade de avaliação ultrassonográfica. A análise também revelou que bezerros mais jovens apresentam maiores chances de doença respiratória bovina, enfatizando a importância do monitoramento destes animais. Por fim, a ultrassonografia pulmonar localizada mostrou-se eficaz, recomendando-se o uso do lobo cranial direito associado ao lobo cranial esquerdo ou lobo cranial direito com o lobo médio.

1 INTRODUÇÃO

A doença respiratória bovina permanece como a principal causa de mortalidade em bezerros desmamados e a segunda em bezerros lactentes (USDA, 2014). Além das mortes, a DRB acarreta prejuízos econômicos devido a sequelas crônicas nos sobreviventes, afetando diversas áreas como bem-estar, ganho médio diário, fertilidade, produção leiteira e rendimento de carcaça (Teixeira *et al*, 2017; Blakebrough-hall; Mcmeniman; González, 2020; Buczinski *et al.* 2021). Os custos associados são elevados, com retorno líquido potencialmente insignificante em comparação com animais saudáveis (Cernicchiaro *et al.*, 2013).

Na busca por um diagnóstico mais precoce, o aparelho ultrassonográfico, já amplamente conhecido na reprodução, passou a ser uma ferramenta aliada na identificação de broncopneumonia (Ollivett, 2020). Sua alta sensibilidade (85%-94%) e especificidade (98%-100%) possibilitou a implementação de monitoramentos nos bezerreiros identificando as consolidações tanto em casos clínicos quanto em subclínicos (Rabeling, 1998; Ollivett *et al.*, 2015; Ollivett; Buczinski, 2016)). Ainda, a ultrassonografia pulmonar pode ajudar na avaliação de resposta ao tratamento dos animais e no levantamento de fatores de risco envolvidos no rebanho (Ollivett, 2019).

No intuito de aumentar a rapidez e a praticidade da técnica sem perder a confiabilidade dos resultados, pesquisas buscam o melhor método de ultrassonografia pulmonar focalizada. Esta variação consiste em utilizar os lobos mais comumente afetados, principalmente o lobo

cranial direito, como forma de monitoramento de DRB. Estudos já demonstraram resultados promissores sobre o uso do lobo cranial direito com lobo médio (Pravettoni *et al.*, 2021; Masset *et al.*, 2022), apesar de apresentar ressalvas em casos de baixa prevalência, devido a possibilidade do aumento de falsos negativos devido a redução da sensibilidade (Pravettoni *et al.*, 2021).

Ambos os estudos anteriores sobre ultrassonografia pulmonar focal apresentaram limitações. No estudo de Pravettoni *et al.* (2021) o número de animais utilizados foi baixo, o que pode ter contribuído para a redução da sensibilidade da técnica focalizada em prevalências mais baixas. Além disso, apenas utilizaram a porção caudal dos lobos craniais e o lobo médio como técnicas localizadas.

Masset *et al.* (2022), apesar de utilizarem bezerros de diferentes raças e avaliarem outras possibilidades de técnicas focalizadas, a idade média dos bezerros foi baixa (33 dias) o que deixa em dúvida a eficácia dos métodos em bezerros mais velhos.

Nosso estudo tem como objetivo avaliar as possibilidades de associações pulmonares em bezerros de corte e leite, de diferentes idades e pesos. Também comparamos as projeções mais sensíveis em variadas situações de prevalências da doença respiratória bovina. Ao final, com o uso de um algoritmo baseado em regressão logística tivemos uma ordem prioritária de ultrassonografia pulmonar focalizada e quais sinais clínicos têm melhor relação com a presença de pneumonia confirmada na ultrassonografia pulmonar total.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades realizadas neste estudo receberam aprovação prévia da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Minas Gerais, sob os protocolos números 358/2019 e 341/2022.

Este estudo foi derivado de dois projetos anteriores de ultrassonografia pulmonar, um em gado de leite e outro de gado de corte, cujos dados foram unidos para a realização das análises deste estudo.

2.1. Rebanho de corte

O experimento com o rebanho de corte foi conduzido em dezembro de 2023, em uma propriedade de confinamento de bovinos de corte no norte de Minas Gerais, Brasil. A propriedade adquiria novilhas F1 Angus x Nelore, inseminadas com sêmen de touro Angus. As novilhas pariam em piquetes de terra batida com eucaliptos. Após o parto, os bezerros recebiam brincos de identificação e tratamento do umbigo com tintura de iodo 10%. Realizava-se ronda sanitária duas vezes ao dia, e bezerros com diarreia recebiam hidratação oral; em caso de apatia e inapetência, eram tratados com antibióticos e anti-inflamatórios. Aos 90 dias, os bezerros eram desmamados e transferidos para o confinamento, enquanto as vacas eram enviadas para o confinamento e posterior abate.

As avaliações de ultrassonografia torácica ocorreram em uma área separada, em piquetes coletivos com sombra. Bezerros prematuros, rejeitados ou com necessidades de cuidados intensivos eram alojados nessa área. Dos 150 animais presentes, 38 com menos de 15 dias foram excluídos devido ao tamanho reduzido dos bezerros, os quais apresentavam um espaçamento intercostal pequeno para encaixe da probe retal, resultando em 112 bezerros avaliados.

Inicialmente, os bezerros eram alojados em baias individuais com piso de borracha e cama de feno, que eram limpas diariamente. Após a primeira semana, eram transferidos para um bezerreiro coletivo com piso de terra e uma área cimentada coberta. Eram alimentados com 3 litros de leite, duas vezes ao dia, com desmama gradual iniciando duas semanas antes dos 90 dias. O calendário vacinal incluía vacinas contra raiva e clostridíoses aos 4 meses de idade e, para fêmeas entre 3 e 8 meses, vacinação contra brucelose. Em caso de surtos de ceratoconjuntivite, aplicava-se a vacinação preventiva contra *Moraxella bovis*.

2.2. Rebanho de leite

O experimento foi conduzido em uma propriedade comercial de produção leiteira no Centro-Oeste do Brasil, envolvendo aproximadamente 193 bezerros monitorados desde a primeira semana de vida até os 128 dias. Imediatamente após o parto, as vacas eram ordenhadas e os bezerros recebiam colostro equivalente a 15% do seu peso vivo, com BRIX \geq 24%, distribuído em três administrações nas primeiras seis horas de vida. O alojamento consistia em gaiolas suspensas de 2 m² equipadas com sistema de *flushing* para remoção de resíduos

orgânicos. Nos primeiros três dias, a alimentação era baseada em leite de transição, seguida por 40 dias de fornecimento de 6 litros diários de leite de descarte, divididos entre manhã e tarde, e adensado com sucedâneo para alcançar 13% de matéria seca, quando necessário. Após esse período, a dieta líquida consistia inteiramente em 6 litros de sucedâneo diários.

A desmama começava por volta dos 60 dias de idade para animais próximos a 80 kg, reduzindo-se para 3 litros de sucedâneo somente pela manhã durante 15 dias. Após a desmama completa, os bezerros permaneciam no alojamento por mais 10 dias antes de serem transferidos para os lotes pós-desmama. A recria ocorria em piquetes com grupos de 8 a 10 animais até os 150 dias de idade, momento em que a capacidade do lote era ampliada para 30 bezerros. A dieta pós-desmama até os 8 meses de vida baseava-se em silagem de milho, concentrado e núcleo mineral, mudando para tifton verde picado dos 8 aos 13 meses. Todos os animais tinham livre acesso à água.

2.3. Avaliações

Em ambos os grupos, as avaliações seguiram a mesma metodologia. Em todos os animais, em cada avaliação, foi feita a avaliação dos escores de Wisconsin (McGuirk, 2008) e da Califórnia (Love *et al.*, 2014) através da verificação dos sinais clínicos (Secreção nasal e ocular, posicionamento das orelhas, tosse induzida e espontânea, temperatura retal e dificuldade respiratória) dos bezerros. Ao final foram contabilizados as avaliações positivas de ambos escores e de cada sinal clínico específico.

A ultrassonografia torácica foi realizada utilizando o aparelho veterinário portátil KX5100 (Kaixin®), com uma sonda transretal de 6,5 MHz ajustada para uma profundidade de 9 cm. As avaliações abrangeram do 10° ao 1° espaço intercostal (EIC) no pulmão direito e do 10° ao 2° EIC no pulmão esquerdo, utilizando álcool etílico 70% para facilitar a propagação das ondas ultrassônicas. Quando detectadas, as consolidações eram fixadas na imagem para mensuração em centímetros.

Tabela 1. Adaptação de Ollivett *et al.* (2015) sobre a localização dos lobos pulmonares do pulmão esquerdo e direito e as referências anatômicas ventrais.

	Lobos	Espaços intercostais	Referência ventral
Pulmão esquerdo	Caudal	10°- 6°	Diafragma
	Aspecto caudal do lobo cranial esquerdo	5°- 4°	Junção costochondral e desvio pleural
	Aspecto cranial do lobo cranial direito	3°- 2°	Coração
Pulmão direito	Caudal	10°- 6°	Diafragma
	Médio	5°	Junção costochondral e desvio pleural
	Aspecto caudal do lobo cranial direito	4°- 3°	Coração
	Aspecto cranial do lobo cranial direito	2°- 1°	Artéria e veia torácicas internas



Figura 1. Avaliações ultrassonográficas foram realizadas nos bezerros de corte e de leite do 10° ao 1° espaço intercostal (EIC) no pulmão direito e do 10° ao 2° EIC no pulmão esquerdo utilizando aparelho KX5100 (Kaixin®), com uma sonda transretal de 6,5 MHz ajustada para uma profundidade de 9 cm e uso de álcool etílico 70%.

Para o gado leiteiro, a ultrassonografia pulmonar foi realizada nas 1^a, 4^a, 6^a, 8^a, 10^a, 16^a, 20^a e 24^a semanas de vida, resultando em 1153 avaliações de 196 bezerros. No gado de corte, devido à natureza transversal do estudo, os bezerros foram submetidos a um único exame ultrassonográfico, totalizando 112 avaliações.

Após os procedimentos, anotaram-se as áreas de consolidação e suas respectivas regiões. Para análises de concordância e sensibilidade, optou-se por uma abordagem dicotômica semelhante à de Cramer e Ollivett (2019), diferenciando lesões menores que 1 cm (escore 0) de lesões iguais ou maiores que 1 cm (escore 1) em cada espaço intercostal. Posteriormente, agruparam-se os espaços intercostais conforme a posição anatômica de cada lobo pulmonar, detalhando desde o lobo cranial direito (1° ao 4° EIC) até o lobo caudal esquerdo (6° ao 10° EIC), incluindo subdivisões para as porções cranial e caudal de ambos os lobos cranial direito e esquerdo.

2.4. Análises estatísticas

As análises de sensibilidade e especificidade dos diferentes lobos pulmonares e suas associações comparando com o exame de ultrassonografia total foram realizadas utilizando o *software* Stata® versão 16.0. Para realizar esta comparação, cada lobo ou associações receberam um valor binário (positivo ou negativo), sendo positivo o lobo que apresentasse uma área de consolidação >1cm. Um valor binário também foi determinado para a avaliação pulmonar completa seguindo o mesmo critério (possuir uma área de consolidação >1cm em qualquer área pulmonar).

A concordância entre o estado de consolidação encontrado na ultrassonografia pulmonar total e a consolidação das diferentes combinações de áreas pulmonares focais foi determinado pelo teste Kappa de Cohen (1960). Devido à natureza longitudinal do estudo e às medições repetidas nos bezerros leiteiros, utilizou-se um método multinível para determinar o erro padrão e os intervalos de confiança para o valor de Kappa (Vanbelle, 2019). O pacote "multiagree" do *software* R foi empregado, e os intervalos de confiança de 95% foram obtidos por um método de *bootstrap* agrupado (n=1.000 amostras de *bootstrap*), conforme descrito por Vanbelle (2019). Os valores de Kappa foram interpretados segundo os critérios de Landis e

Koch (1977), considerando-se fraco para valores $<0,20$; leve para 0,21 a 0,40; moderado para 0,41 a 0,60; substancial para 0,61 a 0,80; e quase perfeito para 0,81 a 1.

O impacto de se utilizar apenas o exame focalizado ideal para determinar a prevalência aparente de lesões pulmonares *versus* a verdadeira prevalência, obtida pela varredura completa do pulmão, foi analisado conforme metodologia anteriormente aplicada a exames pulmonares focais em bezerros de 1 a 6 meses de idade (Pravettoni *et al.*, 2021), considerando a sensibilidade e especificidade do exame focalizado. Modelaram-se diferentes cenários de prevalência real de 0 a 1, com incrementos de 0,05.

Foi feito um modelo de *Classification and Regression Trees* (CART) no qual se analisou cada lobo individualmente, selecionando e apresentando os lobos mais indicados para a ultrassonografia focal em sub-árvores. Segundo a lógica do CART, o resultado mais significativo inicia a árvore; caso seja negativo para doença respiratória, o algoritmo propõe outra opção de modelo ótimo (NICOLINO, 2022). Com as melhores técnicas já avaliadas estatisticamente, realizamos um pequeno teste com auxílio de uma médica veterinária com conhecimento prévio em ultrassonografia pulmonar, avaliando o tempo estimado na técnica bilateral total e com as diferentes técnicas focalizadas.

Por fim, realizou-se uma regressão logística para avaliar a relação entre as variáveis de presença de secreção nasal unilateral ou bilateral, tosse espontânea ou induzida, idade dos animais e tipo de rebanho (leiteiro ou de corte) com a presença de consolidação pulmonar, por meio da razão de chances.

3 RESULTADOS

Análise do uso da ultrassonografia torácica focal

No total, foram realizadas 1265 ultrassonografias pulmonares, sendo que 518 (40,5%) destas foram positivas para doença respiratória bovina. A idade média dos bezerros envolvidos no experimento foi de 73 dias de vida, sendo que faixa etária com maior prevalência de lesões pulmonares foi aos 64 dias idade. Nos escores clínicos da Califórnia, tivemos 400 (31,6%) avaliações positivas, enquanto no escore de Wisconsin foi 263 (20,8%). Quando avaliamos os sinais clínicos específicos separadamente, a tosse espontânea destaca-se como o sinal clínico

mais presente, com 214 exames positivos (19,8%), seguido da secreção nasal bilateral com 165 avaliações (15,3%) e unilateral com 82 (7,6%) e 77 avaliações com presença de tosse induzida (7,1%).

Na avaliação dos lobos e suas diferentes áreas (Figura 2), o aspecto cranial do lobo cranial direito sozinho apresentou um valor de Kappa de 0,86, o que é considerado como quase perfeito, e sensibilidade de 84,7%. A área pulmonar com o segundo maior valor foi a porção caudal do lobo cranial direito (Kappa: 0,43; Se: 40,3%). Já os valores mais baixos foram encontrados em relação aos lobos caudais, com uma concordância fraca (Kappa<0,06; Se < 6%).

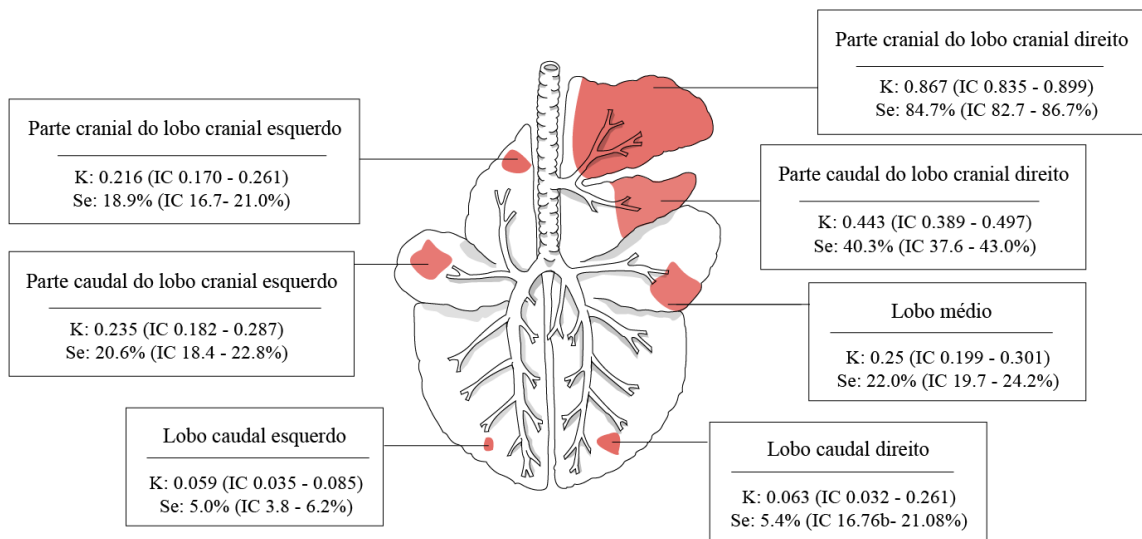


Figura 2. Lobos e porções pulmonares e seus respectivos valores de sensibilidade (Se), concordância (valor de Kappa; K) e intervalos de confiança (IC).

Ao analisar as combinações dos lobos, a avaliação de todo o pulmão direito (lobo cranial, lobo médio e lobo caudal), a associação do lobo cranial direito com o lobo médio e a associação dos lobos craniais direito e esquerdo apresentaram concordâncias semelhantes e maiores que 95% e sensibilidade superiores a 94% (Figura 3).

Quanto à análise dos exames focalizados ideais (lobo cranial direito + lobo cranial esquerdo; lobo cranial direito + lobo médio) em diferentes prevalências, ela se mostrou positiva, já que ao longo de diferentes realidades os exames focalizados mantiveram alta sensibilidade e especificidade, sendo muito semelhante à ultrassonografia bilateral total.

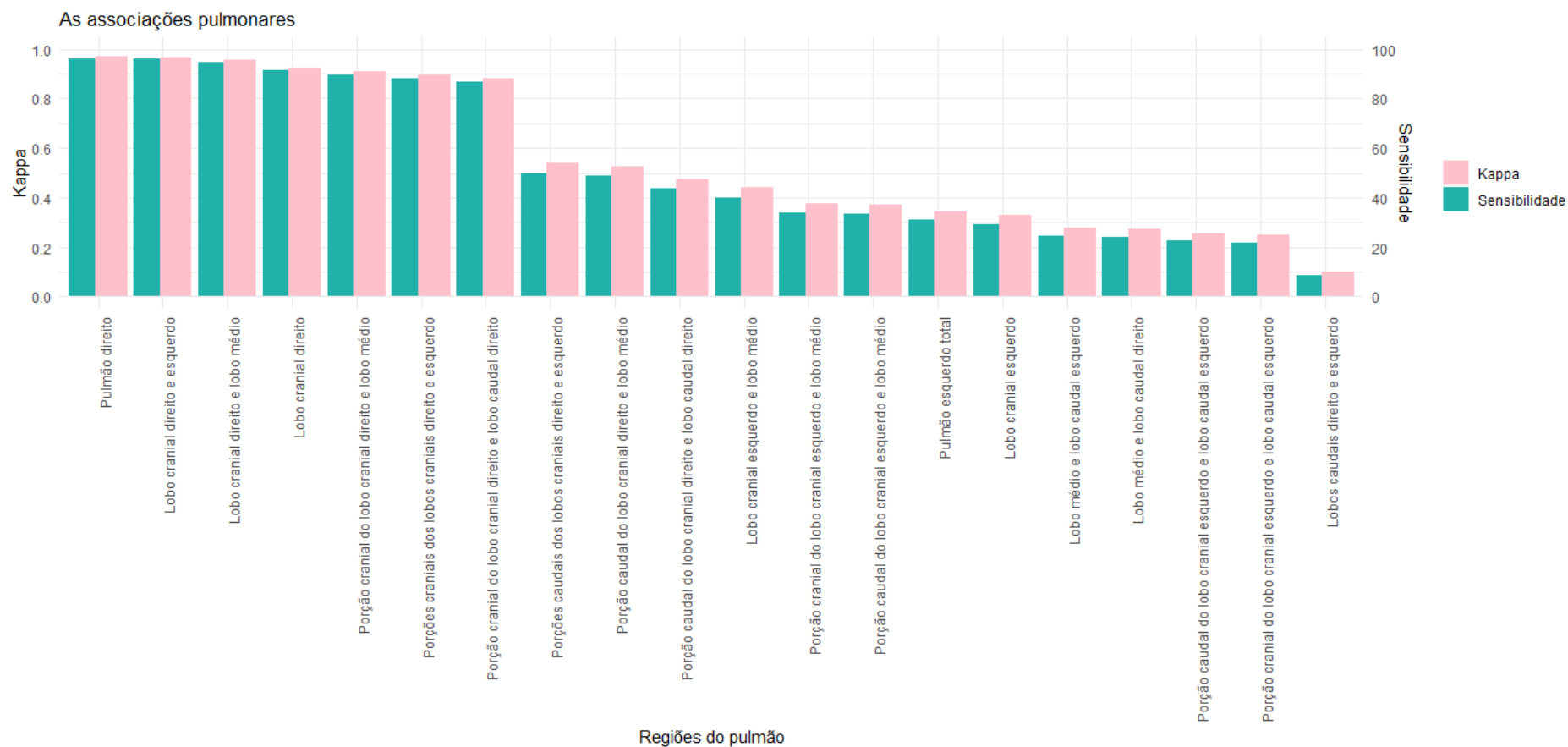


Figura 3. Valores de Kappa e sensibilidade das diferentes áreas anômicas do pulmão e suas combinações para detecção de áreas de consolidação em comparação com a ultrassonografia torácica total em bezerros.

Na avaliação de aprendizagem em máquinas pelo método CART, o sistema selecionou a sequência do lobo cranial direito, seguido do lobo cranial esquerdo e, ao final o lobo médio. Nota-se também uma redução significativa no incremento da explicação por cada nóculo depois do primeiro.

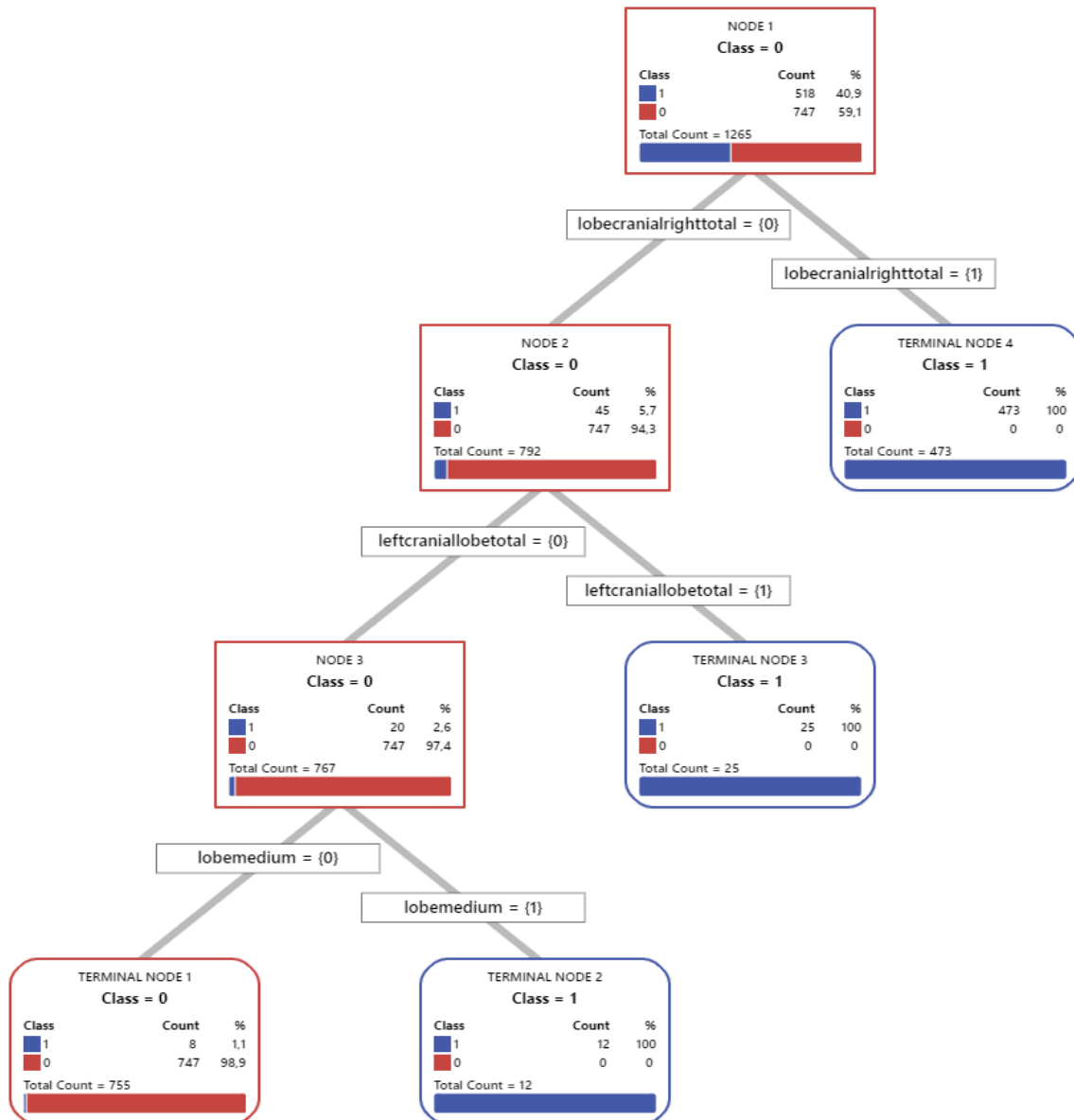


Figura 4. Avaliação CART dos lobos pulmonares apresentando 3 níveis de profundidade, com o primeiro nível o lobo cranial direito total (lobecranialrighttotal), seguido do lobo cranial esquerdo (lobecraniallefttotal) e por último o lobo médio (lobemedium).

A análise dos exames focalizados ideais (lobo cranial direito + lobo cranial esquerdo; lobo cranial direito + lobo médio) em diferentes prevalências é positiva, já que ao longo de diferentes realidades os exames focalizados mantiveram alta sensibilidade e especificidade, sendo muito semelhante à ultrassonografia bilateral total.

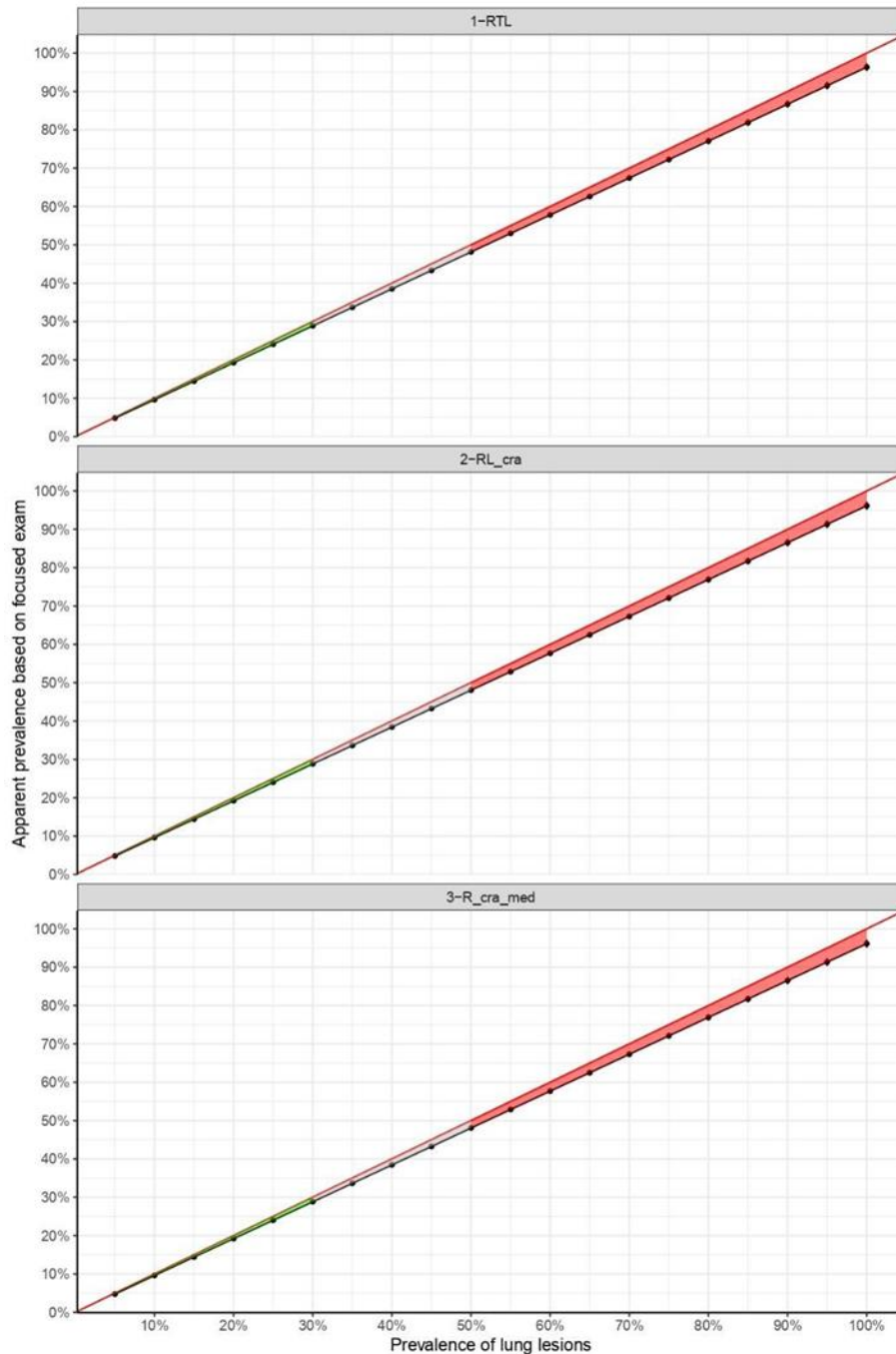


Figura 5. Análise da diferença entre a prevalência verdadeira e a prevalência aparente determinada pelas diferentes associações lobares de maior sensibilidade em diferentes cenários de prevalência de doença pulmonar. Figura A corresponde ao pulmão direito total; Figura B a associação do lobo cranial direito e esquerdo; Figura C ao lobo cranial direito com lobo médio.

Para avaliarmos minimamente a diferença de tempo entre a técnica total e as focalizadas, uma veterinária com conhecimento prévio de ultrassonografia pulmonar utilizou as técnicas focalizadas do lobo cranial direito com lobo cranial esquerdo e do lobo cranial direito com o médio, além da técnica ultrassonográfica completa em dois bezerros. ultrassonografia bilateral total com uma média de um minuto e 54 segundos. Ao realizar a técnica focalizada do lobo cranial direito com lobo médio, seu tempo de avaliação foi de 10 segundos, enquanto o método localizado de lobo cranial direito com lobo cranial esquerdo finalizou em 35 segundos.

Sinais clínicos

A tosse espontânea foi a única variável que apresentou relação com a presença de pneumonias, com duas vezes mais chances de um animal com tosse ter lesão pulmonar no exame ultrassonográfico (*odds ratio*: 2,30), com sensibilidade de 81,47% (IC 79,33-83,61%) e especificidade de 74,83% (72,44-77,22%). Os outros sinais clínicos não tiveram resultados significantes. Em relação aos dias de vida, as análises demonstraram que animais mais novos possuem mais chances de ter doença respiratória.

Tabela 2. Avaliação de regressão logística com *Odds Ratio* dos sinais clínicos específicos, sendo fixado as categorias de dias de vida e raça.

Sinais Clínicos	Odds Ratio	Intervalo de confiança 95%	P<0,005
Tosse espontânea	2.298	1.448-3.647	0.000
Tosse induzida	0.711	0.355-1.424	0.337
Secreção unilateral	1.603	0.825-3.112	0.363
Secreção bilateral	1.276	0.754-2.160	0.163

4 DISCUSSÃO

O presente estudo traz achados importantes sobre o uso da ultrassonografia pulmonar focalizada. Apesar de não ser o primeiro a testar o lobo cranial direito e as associações de outros

lobos pulmonares como método diagnóstico precoce para DRB, o diferencial deste estudo está no grande número de animais de gado de leite e corte envolvidos com faixas etárias diferentes, o que contribui para a confiabilidade dos resultados, e também a utilização de análises por aprendizado de máquinas. Ainda, o trabalho permitiu avaliar diferentes realidades de prevalência, analisando se a ultrassonografia localiza serve a realidades distintas e proporcionou uma sequência de lobos prioritários focais, facilitando a escolha no monitoramento.

As porções e lobos que tiveram maior acurácia no nosso estudo foram, em ordem decrescente, o aspecto cranial e aspecto caudal do lobo cranial direito, lobo médio e o aspecto caudal do lobo cranial esquerdo. O lobo cranial direito apresentou 473 avaliações positivas e, como esperado, teve a maior sensibilidade, o que também foi encontrado em outros estudos (Ollivett *et al.*, 2015; Masset *et al.*, 2022). Isso acontece devido ao lobo cranial direito possuir um brônquio independente chamado “brônquio traqueal”, que inicia antes das carinas (Breeze, 1985). Assim, qualquer agente infeccioso ou substância que cause um processo inflamatório tem mais probabilidade de alcançar este lobo. Além disso, este brônquio independente tem um diâmetro menor e uma posição mais vertical do que os principais, o que pode prejudicar a sua depuração mucociliar e contribuir para as altas taxas de consolidação observadas na região (Dagleish *et al.*, 2010; Andrade, 2021).

Com à alta casuística de lesões no lobo cranial, não utilizar as suas duas porções na ultrassonografia torácica focalizada pode acarretar um aumento do número de falsos negativos (Ollivett; Buczinski, 2016; Pravettoni *et al.*, 2021). Além disso, pode ser pouco prático, principalmente em bezerros pequenos, que as porções do lobo são menores e a diferença do tempo de avaliar um ou os dois aspectos será mínimo.

O lobo médio, apesar de ser a terceira região com maior acurácia em relação à ultrassonografia pulmonar total, demonstrou moderada sensibilidade e uma concordância fraca. No entanto, quando associado ao lobo cranial direito, a sensibilidade tornou-se alta (94,98%), com uma concordância quase perfeita (0,957). O lobo médio é destacado como um dos principais locais onde ocorrem as lesões nas broncopneumonias (Ollivett; Buczinski, 2016). Masset *et al.* (2022) avaliaram que 78,9% dos animais avaliados tinham lesões na área cranial e média do tórax (1°-5 EIC), concluindo que possa ser um método sensível e rápido para monitoramento de doenças respiratórias em bezerros nas primeiras duas semanas após chegada ao confinamento. Entretanto, o trabalho citado testou animais com média de 33 dias de vida, já nosso estudo analisou animais com idade média de 73 dias de vida, com isso, podemos reforçar

o que foi apresentado pelos autores, demonstrando que a ultrassonografia localizada do lobo cranial direito e lobo médio pode ser utilizada em bezerros mais velhos, sem prejuízo à técnica.

O aspecto caudal do lobo cranial esquerdo teve a quarta maior sensibilidade, com concordância e sensibilidade infimamente menores que o lobo médio. O lobo cranial esquerdo é uma das primeiras áreas pulmonares a ter contato com as substâncias aerógenas, assim como o lobo cranial direito, apesar de não ter um brônquio independente (Dyce, 2010). Por isso, quando associamos o lobo cranial esquerdo e o lobo cranial direito, tivemos uma concordância quase perfeita ($k=0,967$) com a ultrassonografia pulmonar total. Dessa forma, a essa combinação pode servir como método de ultrassonografia localizada. No entanto, possui uma desvantagem que é a necessidade de avaliação dos dois do animal em seus dois antímeros, reduzindo a praticidade e rapidez.

Os lobos caudais foram as áreas que apresentaram os piores resultados de concordância e sensibilidade. Uma das razões deste resultado é justamente pela lobulação do pulmão bovino, que reduz a troca de ventilação entre os lobos, e a circulação de células inflamatórias e bactérias (Jubb; Kennedy, 2016). Dessa forma, o lobo caudal pode ser o último atingido em processos de origem aerógena. No entanto, alguns animais apresentaram lesões no lobo caudal, com presença de consolidação em outros lobos ou não. Esses achados podem sugerir uma conexão com pneumonias de origem hematogênica ou verminótica, bem como condições crônicas intimamente ligadas a falhas no tratamento ou à detecção tardia de condições respiratórias (Pancieria; Confer, 2010; Ollivett; Buczinski, 2016).

Nas avaliações de diferentes prevalências com os lobos pulmonares mais sensíveis, apesar do método se assemelhar ao de Pravettoni *et al.* (2021), nossos resultados divergem em alguns pontos. No estudo citado, o método focalizado usado (aspectos caudais dos lobos craniais e o lobo médio) em prevalências mais baixas, aumentava os índices de falsos negativos, sendo que os próprios autores levantam a hipótese de ser consequência de o número de animais positivos ser baixo. Nosso trabalho avaliou separadamente duas formas de ultrassonografia localizada, sendo um dos lobos craniais direito e esquerdo e outra do lobo cranial direito com o lobo médio, porém, independente da prevalência, ambos métodos mantiveram sensibilidades altas (>94,9%). Uma das possíveis causas dessa diferença é que nosso estudo apresentou um número de animais e exames consideravelmente maior e com uma alta sensibilidade, logo, isso pode ser a causa do nosso trabalho ter demonstrado a eficácia da técnica focalizada, independente da prevalência encontrada.

Para acrescentar aos benefícios das técnicas focalizadas, o teste de tempo estimado demonstrou o quanto mais prático e ágil ficariam um monitoramento, sendo que o método dos

lobos craniais foi realizado em 35 segundos, o lobo cranial direito com lobo médio foi em 10 segundos e a ultrassonografia total bilateral finalizou em um minuto em 53 segundos. No entanto, são necessárias mais pesquisas avaliando especificamente o tempo de cada método, com número amostral abrangente.

O teste de aprendizagem em máquina indicou que a melhor sequência de ultrassonografia focal seria o lobo cranial direito, seguido do lobo cranial esquerdo e lobo médio, sendo que essa sequência só existirá caso o lobo primeiramente avaliado seja negativo e assim por diante. Pela soma de todos os resultados encontrados, a escolha de qual ultrassonografia focalizada irá utilizar fica a critério do técnico, já que a sensibilidade dos métodos é muito semelhante. O que pode contribuir nesta escolha é o ambiente do monitoramento. Caso o local possibilite o acesso ao lado esquerdo do animal, o técnico pode utilizar o método focal do lobo cranial direito e esquerdo, caso não tenha essa possibilidade, o uso do lobo cranial direito e médio se torna a melhor opção.

Em relação à regressão logística dos sinais clínicos, a tosse espontânea foi o único sinal específico com resultados significantes (*odds ratio*: 2,298), com bezerros apresentando duas vezes mais chances de apresentar pneumonia. Este resultado é semelhante ao encontrado por Lowie *et al.* (2022), que classificaram o sinal como promissor para ser utilizado para identificação individual de animais positivos para DRB, apesar de ressaltarem os riscos da utilização de apenas um sinal clínico, possibilitando aumento no número de falsos negativos.

A tosse espontânea gera menos confusão e ambiguidade em quem está avaliando os animais, diferente da secreção nasal, alteração respiratória e ptose de orelhas (Buczinski; Pardon, 2020). Apesar do resultado, a sensibilidade da tosse foi moderada e a especificidade foi baixa. Esta informação, resumidamente, demonstra que as chances de animais com o sinal de tosse espontânea serem positivos para DRB são grandes, mas não possuir o sinal clínico não significa ausência de pneumonia. Por isso, a ultrassonografia pulmonar ainda é necessária para complementar o diagnóstico clínico, para avaliar os casos subclínicos e, quando atrelado à presença da tosse ou de outros sinais, direcionar se a afecção é do trato respiratório superior ou inferior (Buczinski *et al.*, 2014; Ollivett *et al.*, 2015; Ollivett; Buczinski, 2016).

A secreção nasal unilateral e bilateral não tiveram relação com a presença de consolidação nos bezerros. Apesar de classificados como sinais específicos para doença respiratória, a causa da secreção nasal pode ter diversas origens. Locais com poluentes no ar e/ou excesso de amônia podem servir como fatores risco para doença respiratória e gerar um processo inflamatório local (Donlon *et al.* 2023), a qual pode aumentar a secreção nasal, não causando necessariamente uma doença respiratório inferior.

A regressão logística sobre os dias de vida demonstrou que animais mais novos tinham maiores chances de apresentarem consolidação. Nosso estudo utilizou animais de 3 a 180 dias de vida, justamente para demonstrar a eficácia da ultrassonografia localizada. Associado a este fato, podemos demonstrar a importância dos quadros respiratórios em animais mais jovens, já conhecida por ser a segunda enfermidade mais comum em bezerros pré-desmama e a primeira em bezerros desmamados (USDA, 2014).

Nosso estudo trouxe resultados significativos em relação à ultrassonografia torácica localizada, mas existem limitações que devem ser mencionadas, sendo que o uso de dois veterinários para o diagnóstico pode ser um viés para nossas análises. Porém, para reduzir a ambiguidade dos resultados, foi utilizado o mesmo aparelho ultrassonográfico e ambos os veterinários realizaram a mesma técnica avaliativa. Outro fator importante é que o rebanho de leite foi acompanhado de forma longitudinal, dessa forma existiam dados do mesmo animal, mas em faixas etárias e evoluções de doença respiratória diferentes. Para minimizar o viés dessa diferença, utilizamos o método que nos informou a estimação de variabilidade dos dados com um intervalo de confiança de 95%, evitando assim que a diferença dos modelos dos experimentos afetasse a confiabilidade do estudo.

Apoiamos que novos estudos sejam realizados na área da ultrassonografia pulmonar focalizada, principalmente testando as contribuições de praticidade e tempo das duas técnicas encontradas em relação à ultrassonografia total. Um outro estudo importante seria sobre os benefícios da associação das técnicas de ultrassonografia torácica focalizada acrescida da avaliação de tosse espontânea.

5 CONCLUSÃO

A ultrassonografia pulmonar focalizada utilizando as combinações do lobo cranial direito associado ao lobo cranial esquerdo ou lobo cranial direito com o lobo médio possui elevada sensibilidade e concordância e pode ser utilizada como alternativa à ultrassonografia pulmonar total bilateral. O uso das duas técnicas é semelhante ao uso da ultrassonografia pulmonar total bilateral em diferentes situações de prevalência de doença respiratória bovina.

Dos sinais clínicos específicos, a tosse espontânea demonstrou ser um bom indicativo para doença respiratória bovina, e pode ser uma forma de alertar para a verificação de lesões com a ultrassonografia pulmonar, mas usar apenas um sinal para diagnóstico não é recomendado. Ainda, durante os monitoramentos, os bezerros mais jovens devem ser prioridade na avaliação ultrassonográfica, devido aos altos riscos de doença respiratória.

REFERÊNCIAS

- BLAKEBROUGH-HALL, C.; MCMENIMAN, J. P.; GONZÁLEZ, L. A. An evaluation of the economic effects of bovine respiratory disease on animal performance, carcass traits, and economic outcomes in feedlot cattle defined using four BRD diagnosis methods. **Journal of Animal Science**, v. 98, n.2, 2020.
- BREEZE, R. Structure, function, and metabolism in the lung. **The Veterinary clinics of North America. Food animal practice**, v. 1, n. 2, p. 219–235, 1985.
- BUCZINSKI, S. et al. Comparison of thoracic auscultation, clinical score, and ultrasonography as indicators of bovine respiratory disease in preweaned dairy calves. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 28, n. 1, p. 234–242, 2014.
- BUCZINSKI, S.; PARDON, B. Bovine Respiratory Disease Diagnosis: What Progress Has Been Made in Clinical Diagnosis? **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 36, n. 2, p. 399–423, 2020.
- BUCZINSKI, S.; ACHARD, D.; TIMSIT, E. Effects of calfhooD respiratory disease on health and performance of dairy cattle: A systematic review and meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 7, p. 8214–8227, 2021.
- CERNICCHIARO, N. et al. Evaluation of economic and performance outcomes associated with the number of treatments after an initial diagnosis of bovine respiratory disease in commercial feeder cattle. **American Journal of Veterinary Research**, v.74, n.2, p. 300-309, 2013.
- COHEN, J. A coeficiente of agrément for nominal scales. **Education and psychological measurement**, v.20, n.1, p.37-46, 1960.
- CRAMER, M. C.; OLLIVETT, T. L. Growth of preweaned, group-housed dairy calves diagnosed with respiratory disease using clinical respiratory scoring and thoracic ultrasound—A cohort study. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 5, p. 4322–4331, 2019.
- DAGLEISH, M. P.; FINLAYSON, J.; BAYNE, C.; et al. Characterization and time course of pulmonary lesions in calves after intratracheal infection with *Pasteurella multocida* A:3. **J. Comp. Pathol.**, v. 142, n. 2–3, p. 157–169, 2010.
- DONLON, J.D. et al. systematic review of the relationship between housing environmental factors and bovine respiratory disease in preweaned calves – Part 1: Ammonia, air microbial count, particulate matter and endotoxins. **The veterinary journal**, v.300-302, p.1-12, 2023.
- DYCE, K. M.; WENSING, C. J. G.; SACK, W. O. **Tratado de anatomia veterinária**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- JUBB; KENNEDY, PALMER´S. **Pathology of Domestic Animals**. 6º Ed. Missouri: Elsevier, 2016.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. An Application of Hierarchical Kappa-type Statistics in the Assessment of Majority Agreement among Multiple Observers. **Biometrics**, v.33, n.2, p.363-374, 1977.

LOVE, W. J. et al. Development of a novel clinical scoring system for on-farm diagnosis of bovine respiratory disease in pre-weaned dairy calves. **PeerJ**, v. 2014, n. 1, 2014.

LOWIE, T. et al. Differences in the association of cough and other clinical signs with ultrasonographic lung consolidation in dairy, veal, and beef calves. **Journal of Dairy Science**, vol. 105, n. 7, p. 6111–6124, 2022.

MASSET, N. et al. Ultrasonography of the cranial part of the thorax is a quick and sensitive technique to detect lung consolidation in veal calves. **Veterinary Medicine and Science**, v. 8, n. 3, p. 1229–1239, 2022.

MCGUIRK, S. M. Disease Management of Dairy Calves and Heifers. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 24, n. 1, p. 139–153, 2008.

NICOLINO, R. **Análise do desempenho de diferentes modelos de predição de eventos binários em epidemiologia- Estudo com dados de retenção de placenta**. 39f. Monografia (Especialização em estatística) - Instituto de ciências exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2022.

OLLIVETT, T. L. et al. Thoracic Ultrasonography and Bronchoalveolar Lavage Fluid Analysis in Holstein Calves with Subclinical Lung Lesions. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 29, n. 6, p. 1728–1734, 2015.

OLLIVETT, T. L.; BUCZINSKI, S. On-Farm Use of Ultrasonography for Bovine Respiratory Disease. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 32, n. 1, p. 19–35, 2016.

OLLIVETT, T.L. Thoracic ultrasound to monitor lung health and assist decision making in preweaning dairy calves. **American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings**, p.185-187, 2018.

OLLIVETT, T. L. Calf Health Module – #WeanClean. In: The Dairyland Initiative: Calf Health Module. School of Veterinary Medicine – University of Wisconsin-Madison. Madison, 2019. Disponível em: <<https://thedairylandinitiative.vetmed.wisc.edu/home/calf-health-module/>>.

OLLIVETT, T. L. Brd treatment failure: Clinical and pathologic considerations. **Animal Health Research Reviews**, v. 21, n. 2, p. 175–176, 2020.

PANCIERA, R. J.; CONFER, A. W. Pathogenesis and pathology of bovine pneumonia. *Vet. Clin. North Am. - Food Anim. Pract.*, v. 26, n. 2, p. 191–214, 2010.

PEEL, D. S. The Effect of Market Forces on Bovine Respiratory Disease. **Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice**, v. 36, n. 2, p. 497–508, 2020.

PRAVETTONI, D. et al. A. Short communication: Diagnostic accuracy of focused lung ultrasonography as a rapid method for the diagnosis of respiratory disease in dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 4, p. 4929–4935, 2021.

RABELING, B. et al. Ultrasonographic findings in calves with respiratory disease. **The Veterinary Record**, v. 143, n.17, p.468-471, 1998.

TEIXEIRA, A. G. V.; MCART, J. A. A.; BICALHO, R. C. Thoracic ultrasound assessment of lung consolidation at weaning in Holstein dairy heifers: Reproductive performance and survival. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 4, p. 2985–2991, 2017.

USDA. Dairy 2014, Health and Management Practices on U.S. Dairy Operations. Fort Collins (CO): USDA: APHIS:VS, CEAH, 2014.

VANBELLE, S. Asymptotic variability of (multilevel) multirater kappa coefficients. **Statistical Methods in Medical Research**, vol.28, n.10-11, p.3012-3026, 2019.