



# Ultrassonografia pulmonar como preditor de mortalidade em pacientes com COVID-19

Fernando A. Sosa<sup>1</sup> , Agustín Matarrese<sup>1</sup> , Santiago Saavedra<sup>1</sup> ,  
Javier Osatnik<sup>1</sup> , Javier Roberti<sup>2</sup> , Barbara Tort Oribe<sup>1</sup> ,  
Daniel Ivulich<sup>1</sup> , Ana Laura Durán<sup>1</sup> , Celeste Caputo<sup>1</sup> , Cristian Benay<sup>1</sup>

1. Hospital Alemán, Buenos Aires, Argentina.
2. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Argentina

**Recebido:** 10 março 2021.  
**Aprovado:** 04 junho 2021.

Trabalho realizado na unidade de terapia intensiva do Hospital Alemán (Hospital Alemão), Buenos Aires, Argentina.

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar o desempenho da ultrassonografia pulmonar para determinar a evolução em curto prazo de pacientes com COVID-19 internados na unidade de terapia intensiva. **Métodos:** Este é um estudo prospectivo e observacional. Entre julho e novembro de 2020, 59 pacientes foram incluídos e submetidos a pelo menos duas avaliações LUS usando o escore LUS (variação de 0-42) no dia da admissão, dia 5 e 10 de admissão. **Resultados:** A idade foi de  $66,5 \pm 15$  anos, APACHE II foi de  $8,3 \pm 3,9$ , 12 (20%) pacientes tinham malignidade, 46 (78%) pacientes tinham ventilação não invasiva / cânula nasal de alto fluxo e 38 (64%) pacientes ventilação mecânica necessária. A mediana de permanência na UTI foi de 12 dias (IQR 8,5-20,5 dias). A mortalidade na UTI ou hospitalar foi de 54%. Na admissão, o escore LUS era de  $20,8 \pm 6,1$ ; no dia 5 e no dia 10 de admissão, os escores foram  $27,6 \pm 5,5$  e  $29,4 \pm 5,3$ , respectivamente ( $P = 0,007$ ). Com a deterioração do quadro clínico, o escore LUS aumentou, com correlação positiva de 0,52,  $P < 0,001$ . Pacientes com pior LUS no dia 5 versus melhor pontuação tiveram mortalidade de 76% versus 33% (OR 6,29, IC 95% 2,01-19,65,  $p = 0,003$ ); uma diferença semelhante foi observada no dia 10. O escore LUS do 5º dia de admissão teve uma área sob a curva de 0,80, melhor ponto de corte de 27, sensibilidade e especificidade de 0,75 e 0,78, respectivamente. **Conclusão:** Esses achados posicionam o LUS como um método simples e reprodutível para prever a evolução de pacientes com COVID-19.

**Palavras-chave:** Doenças de Lund; COVID-19; Ultrassonografia.

## INTRODUÇÃO

A nova doença coronavírus (COVID-19) pode resultar em doenças respiratórias graves e até fatais, como a síndrome da angústia respiratória aguda (SDRA).<sup>(1)</sup> Os métodos diagnósticos não invasivos têm ganhado espaço na prática clínica, especialmente na medicina crítica e de emergência, como informações rápidas, confiáveis e reproduzíveis à beira do leito do paciente contribuíram para o diagnóstico etiológico mais preciso da patologia aguda e um tratamento mais direcionado.<sup>(2,3)</sup> No contexto da pandemia de COVID-19, a ultrassonografia tornou-se uma ferramenta útil em terapia intensiva, com uma abordagem POCUS (Point of Care Ultrasound).<sup>(4)</sup>

A ultrassonografia pulmonar (LUS) está disponível em países com diferentes níveis de desenvolvimento de seus sistemas de saúde e oferece vantagens em relação à tomografia computadorizada (TC), que requer a transferência de pacientes para fora de unidades de terapia intensiva ou radiografia de tórax, que apresenta limitações para o diagnóstico e acompanhamento de patologia pulmonar em pacientes críticos.<sup>(5)</sup> Vários estudos mostraram que o LUS pode detectar doença intersticial, consolidações subpleurais e dificuldade respiratória de qualquer etiologia, com sensibilidade e especificidade

superiores à radiografia de tórax e comparável à TC.<sup>(6-8)</sup> LUS já foi recomendado em pandemias virais anteriores<sup>(9)</sup> e evidências crescentes demonstram sua eficácia em pacientes com COVID-19,<sup>(10)</sup> o que permite identificar o grau de envolvimento pulmonar, seu curso e a possível associação entre o envolvimento pulmonar inicial e seu prognóstico.<sup>(11-15)</sup>

Nosso objetivo foi avaliar o desempenho do LUS por meio do escore ultrassonográfico pulmonar (escore LUS) para determinar a gravidade da pneumonia e os resultados em curto prazo de pacientes com COVID-19 internados na unidade de terapia intensiva. Nossa hipótese é que o Lung Ultrasound Score (LUS) se correlaciona com a evolução clínica e prediz a mortalidade em pacientes gravemente enfermos com pneumonia COVID-19.

## MÉTODOS

Este é um estudo observacional, analítico, prospectivo, unicêntrico realizado na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Alemán em Buenos Aires, Argentina; um hospital universitário com UTI com 30 leitos, sendo 15 deles destinados ao atendimento do COVID-19. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética independente

### Correspondência para:

Javier Roberti. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Áustria 2381, 5D, 1425, Buenos Aires Argentina.  
Tel.: 54 91 1356-33749. E-mail: javierroberti@gmail.com  
Apoio financeiro: Nenhum.

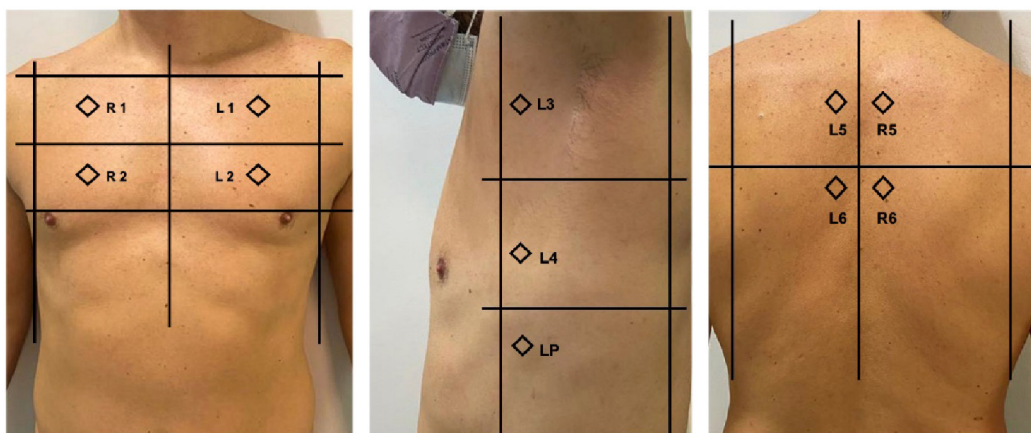
do Hospital Alemán. Foi obtido o consentimento informado dos pacientes ou de seus representantes. O estudo foi realizado em conformidade com a Lei 25.326 / Habeas Data. Preservamos a identidade dos participantes de acordo com as normas e legislações locais e internacionais.

Foram incluídos todos os pacientes com diagnóstico confirmado de COVID-19 por técnicas de reação em cadeia da polimerase (PCR), admitidos na UTI com insuficiência respiratória, entre 1º de julho de 2020 e 31 de outubro de 2020, e que apresentassem pelo menos dois LUS. O LUS foi realizado no início do estudo (tempo de admissão na UTI), no quinto dia e no décimo dia de admissão na UTI. Foram excluídos os pacientes menores de 18 anos, aqueles cujo motivo de admissão na UTI não foi insuficiência respiratória, apesar do diagnóstico confirmado de COVID-19, e aqueles com diretrizes antecipadas e não ordens de reanimação. Pacientes com baixa necessidade de oxigênio suplementar foram admitidos na UTI e apresentaram rápida progressão radiológica, deterioração com taquipneia e / ou mecânica ventilatória inadequada.

Após a obtenção do consentimento informado e 48 horas após a admissão na UTI, a primeira avaliação foi realizada em um aparelho de ultrassom Philips, modelo CX 50, transdutor convexo de baixa frequência (2-6 MHz), com software de pulmão (Philips Medical Systems, Bothell, WA, EUA), em uma profundidade pré-estabelecida de 11 a 14 cm. O escore LUS foi calculado de acordo com os métodos descritos por Soldati et al. com uma modificação.<sup>(16)</sup> Em vez de dividir as áreas posteriores em três regiões, estas foram divididas em duas regiões (superior e inferior), e o ponto PLAPS foi adicionado às regiões laterais à medida que se observava consolidação pulmonar. Para tanto, cada hemitórax foi dividido em sete regiões, **anterior**

**direita** entre a clavícula para cima e o décimo espaço intercostal para baixo, lateralmente entre a borda direita do esterno e a linha axilar anterior, e dividido em áreas superior e inferior; **lateral direita** entre a fenda axilar para cima e uma linha que continua do décimo espaço intercostal para baixo, entre as linhas axilares anteriores e a linha axilar posterior e dividida em superior e inferior; a **região posterior** também foi dividida em superior e inferior, com limites laterais entre a linha axilar posterior e a coluna vertebral e a região superior; e classificados da seguinte forma: R1 (região superior direita anterior) R2 (região inferior direita anterior), R3 (região axilar direita), R4 (região lateral inferior direita), R5 (região posterior superior direita), R6 (região posterior inferior direita) , e R7 - PLAPS (síndrome alveolar posterior e / ou lateral e / ou pleural) (região entre a união da linha axilar posterior e a intersecção da linha imaginária que continua pelo décimo espaço intercostal, sendo necessária a visualização do diafragma para exploração correta do fundo pleural). Da mesma forma e com limites iguais, o hemitórax esquerdo foi tomado, nomeando cada uma das zonas como L1 (região superior esquerda anterior), L2 (região inferior esquerda anterior), L3 (região lateral esquerda), L4 (região lateral inferior esquerda), L5 (região posterior superior esquerda), L6 (região posterior inferior esquerda) e L7 - PLAPS. A Figura 1 mostra as regiões LUS.;

A cada área foi atribuído um valor de 0 a 3 pontos de acordo com a seguinte avaliação. **Linhas A:** linha pleural normal, artefatos de reverberação normais da linha pleural acompanhados de deslizamento do pulmão, correspondendo à aeração pulmonar normal = 0 pontos. Linhas B: linhas hiperecoicas verticais à linha pleural subindo dela e alcançando o final da tela, apagando as linhas A ou em conjunto



R1 (região anterior superior direita), R2 (região anterior inferior direita), L1 (região anterior superior esquerda), L2 (região anterior inferior esquerda)

L3 (região axilar esquerda), L4 (região lateral esquerda inferior), LP (PLAPS esquerdo)

L5 (região posterior superior esquerda), L6 (região posterior inferior esquerda), R5 (região posterior superior direita), R6 (região posterior inferior direita)

**Figura 1.** Legenda. Regiões de escore ultrassonográfico pulmonar.

com elas no caso de patologia pulmonar associada a COVID-19, representando artefatos reverberantes de interlobar ou septos alveolares edematosos foram divididos em linhas B separadas B1 correspondendo a perda moderada de aeração pulmonar = 1 ponto. Três ou mais linhas definem B1. Linhas B coalescentes B2 correspondendo a uma perda severa de aeração pulmonar, que era = 2 pontos, e consolidação pulmonar, que era = 3 pontos.<sup>(17)</sup> Assim, o escore LUS poderia ter um valor normal de 0 e o pior valor de 42. Esta avaliação foi realizada por três médicos intensivistas treinados para a realização de LUS, à beira do leito do paciente com COVID-19 confirmado, em aparelho de ultrassom dedicado exclusivamente a esses pacientes. Equipamento de proteção individual foi usado para todos os estudos e as medições foram feitas off-line para reduzir o tempo de exposição. A variabilidade interobservador para a medição do escore LUS foi determinada por um operador especialista independente que desconhecia o estudo.

A cada avaliação, registrávamos o quadro clínico medido pelo nível de suporte ventilatório: "leve" quando o paciente necessitava de cânula nasal de O<sub>2</sub>; "Moderado" quando o paciente necessitou de ventilação não invasiva / cânula nasal de alto fluxo; "Grave" quando o paciente necessitou de ventilação mecânica. Além disso, os seguintes parâmetros foram medidos: leucócitos, proteína C reativa, plaquetas, LDH, troponina-t, ferritina e dímero-D. Essa avaliação foi repetida no quinto e décimo dias de internação na UTI. Além disso, foram registrados o número de dias de internação na UTI e hospitalar, a mortalidade na UTI e hospitalar, o total de dias de ventilação mecânica e o destino após a alta hospitalar (Domicílio - Internação Domiciliar - Centro de saúde de 3º nível).

Para análise estatística, os dados contínuos foram expressos como média e desvio padrão (DP), ou como mediana e intervalo interquartil [IQR 25-75], conforme apropriado. A análise de normalidade foi realizada por meio do teste de Shapiro-Wilk. Os dados categóricos foram expressos em valores absolutos e / ou percentuais. O teste t de Student ou o teste U de Mann Whitney foram usados para comparar variáveis contínuas paramétricas e não paramétricas, respectivamente; e o teste do qui-quadrado e o teste exato de Fisher foram usados para comparar as variáveis categóricas. A relação entre as variáveis foi determinada inicialmente por meio de análise univariada. Para a análise de regressão múltipla, foram selecionadas as variáveis que consideramos relevantes (princípio da parcimônia) e / ou aquelas que na análise univariada resultaram em um valor  $p < 0,1$ . Aqueles pacientes com dados faltantes nas variáveis de importância foram excluídos da análise. As análises estatísticas foram realizadas com o software R versão 3.3.3.

## RESULTADOS

Durante os quatro meses do estudo, 249 pacientes foram internados em UTI, dos quais 78 (31%) pacientes

foram diagnosticados com COVID-19. Um total de 19 pacientes foram excluídos pelos seguintes motivos: oito não realizaram avaliações ultrassonográficas, cinco foram internados por causas não respiratórias, cinco tiveram uma longa permanência hospitalar antes do diagnóstico de COVID-19 e um paciente teve um procedimento de não ressuscitar / ordem de não entubar. Finalmente, 59 pacientes foram incluídos na análise final. A média de idade foi de  $66,5 \pm 15$  anos e 43 (73%) dos 59 pacientes eram do sexo masculino. A gravidade na admissão medida pelo APACHE II foi em média de  $8,3 \pm 3,9$  e o escore de comorbidade de Charlson apresentou uma média de  $3,2 \pm 2$ . Doze (20%) pacientes tinham malignidade e 9 (15%) pacientes eram frágeis (Escala de Fragilidade Clínica  $> 4$ ). Em 46 (78%) pacientes, uma ventilação não invasiva / cânula nasal de alto fluxo foi usada, durante uma mediana de 3,5 dias (IQR 2-6 dias), e em 38 (64%) pacientes, ventilação mecânica foi necessária, durante uma mediana de 12 dias (IQR 9,25-19,75 dias). A mediana de permanência na UTI foi de 12 dias (IQR 8,5-20,5 dias) e a mediana de permanência no hospital foi de 20 dias (IQR 13,5-28,5 dias). A mortalidade na UTI e no hospital foi de 54%. As características demográficas dos pacientes estão resumidas na Tabela 1.

O tempo médio desde o diagnóstico de COVID-19 até o primeiro LUS foi de 5 dias (IQR 3,5-9 dias). O escore médio total do LUS na admissão foi de  $20,8 \pm 6,1$ ; no dia 5, era  $27,6 \pm 5,5$  e no dia 10,  $29,4 \pm 5,3$  ( $p = 0,007$ ). À medida que o quadro clínico piorava (de acordo com a necessidade de suporte ventilatório mecânico), o escore LUS aumentava, com correlação positiva de 0,52,  $p < 0,001$ . No dia 10 ( $n = 41$ ), os escores LUS foram  $19,1 \pm 3,4$ ,  $23,3 \pm 4,5$ ,  $30,8 \pm 5,3$  nos grupos leve, moderado e grave, respectivamente. Ao analisar os marcadores bioquímicos no momento da primeira avaliação LUS, nenhum deles apresentou associação estatisticamente significativa com o quadro clínico, ao contrário do escore LUS. O grupo de pacientes cujo escore LUS no dia 5 foi pior do que a linha de base teve uma mortalidade de 76% versus 33% de mortalidade no grupo de pacientes cujos escores LUS melhoraram durante o mesmo período (OR 6,29, IC 95% 2,01-19,65,  $p = 0,003$ ). A Tabela 2 mostra a mortalidade na UTI de acordo com as mudanças observadas com o escore LUS.

Essa diferença também foi observada no décimo dia de internação na UTI. Na análise multivariada, ajustada por idade, APACHE II e Charlson, o escore LUS foi um preditor independente de mortalidade (OR 1,32, IC 95% 1,14 -1,60,  $p = 0,001$ ). Em outro modelo de regressão em que sexo e índice de massa corporal foram ajustados, o escore LUS também foi um preditor independente de mortalidade (OR 1,30, IC 95% 1,14-1,54,  $p < 0,001$ ). A sensibilidade e especificidade do escore LUS para prever a mortalidade do paciente foram avaliadas. O escore LUS na admissão na UTI apresentou área sob a curva (AUC) de 0,64, sendo 25 o melhor ponto de corte, sensibilidade de 0,63 e

**Tabela 1.** Características demográficas e clínicas.

Características	Valor no total de pacientes (n = 59)
Idade, média ± DP	66.5 ±15.0
Masculino, n (%)	43 (73)
APACHE II, média ± DP	8.3±3.9
Pontuação de Charlson, média ± DP	3.2±2.0
Câncer, n (%)	12 (20)
Pacientes frágeis (CFS> 4), n (%)	9 (15)
IMC, média ± DP	27.6±4.5
Apoio, suporte	
Ventilação não invasiva / cânula nasal de alto fluxo, n (%)	46 (78)
Dias da cânula, mediana (IQR)	3.5 (2-6)
Ventilação mecânica, n (%)	38 (64)
Dias de MV, mediana (IQR)	12 (9.25-19.75)
ECMO, n (%)	1 (2)
Hemodiálise, n (%)	9 (15)
Agentes de bloqueio neuromuscular, n (%)	35 (59)
Dias de agentes bloqueadores neuromusculares, mediana (IQR)	8 (5-10)
Dias desde o diagnóstico ao LUS, mediana (IQR)	5 (3.5-9)
Tempo de permanência na UTI, dias, mediana (IQR)	12 (8.5-20.5)
Tempo de internação, dias, mediana (IQR)	20 (13.5-28.5)
Mortalidade na UTI, n (%)	32 (54)
Mortalidade hospitalar, n (%)	32 (54)

Abreviaturas: CFS = Escala de Fragilidade Clínica; IMC = índice de massa corporal; APACHE = Avaliação de Fisiologia Aguda e Saúde Crônica; ECMO = oxigenação por membrana extracorpórea; UTI = unidade de terapia intensiva; DP = desvio padrão; IQR = intervalo interquartil.

**Tabela 2.** Mortalidade na UTI de acordo com as alterações do escore LUS.

Mudança de escore LUS	n (%)	Mortalidade na UTI (%)	OR (IC 95%)	Valor-P
<b>LUS no 5º dia de admissão</b>				<b>0.003</b>
Escore melhorado	30 (51)	33		
Escore deteriorado	29 (49)	76	6.29 (2.01-19.65)	
<b>LUS no 10º dia de admissão</b>				<b>0.023</b>
Escore melhorado	18 (44)	33		
Escore deteriorado	23 (56)	74	5.67 (1.47-21.89)	

Melhorou ou piorou em comparação com a avaliação anterior. LUS = escore ultrassonográfico pulmonar; UTI = unidade de terapia intensiva; OR = razão de chances (odds ratio); IC = intervalo de confiança.

especificidade de 0,59. E no quinto dia após a admissão, o escore LUS apresentou AUC de 0,80, com o melhor ponto de corte de 27, sensibilidade e especificidade de 0,75 e 0,78, respectivamente (Tabela 3 e Figura 2). A Figura 3 mostra exemplos de imagens LUS de pacientes incluídos no estudo.

## DISCUSSÃO

Nossos achados mostram que o escore ultrassonográfico pulmonar é um método viável e fácil de prever o curso clínico de pacientes criticamente enfermos com COVID-19. Quando a condição clínica dos pacientes se deteriorou, a pontuação aumentou significativamente. De fato, o escore LUS foi um preditor independente de mortalidade e quando avaliado no dia 5 de admissão

na UTI, o escore apresentou uma área aceitável sob a curva.

As características histopatológicas da pneumonia por COVID-19 são caracterizadas por dano alveolar, incluindo edema alveolar, enquanto o componente inflamatório é leve e irregular. Podem ocorrer processos reparativos com hiperplasia de pneumócitos e espessamento intersticial; nas fases avançadas, aparecem consolidações dependentes da gravidade semelhantes às do desconforto respiratório, bem como necrose hemorrágica, congestão alveolar, edema, descamação e fibrose.<sup>(18)</sup> Portanto, ferramentas que podem avaliar de forma confiável o envolvimento pulmonar também podem prever deterioração clínica. . Nosso estudo sugere que o escore LUS foi útil para avaliar pacientes

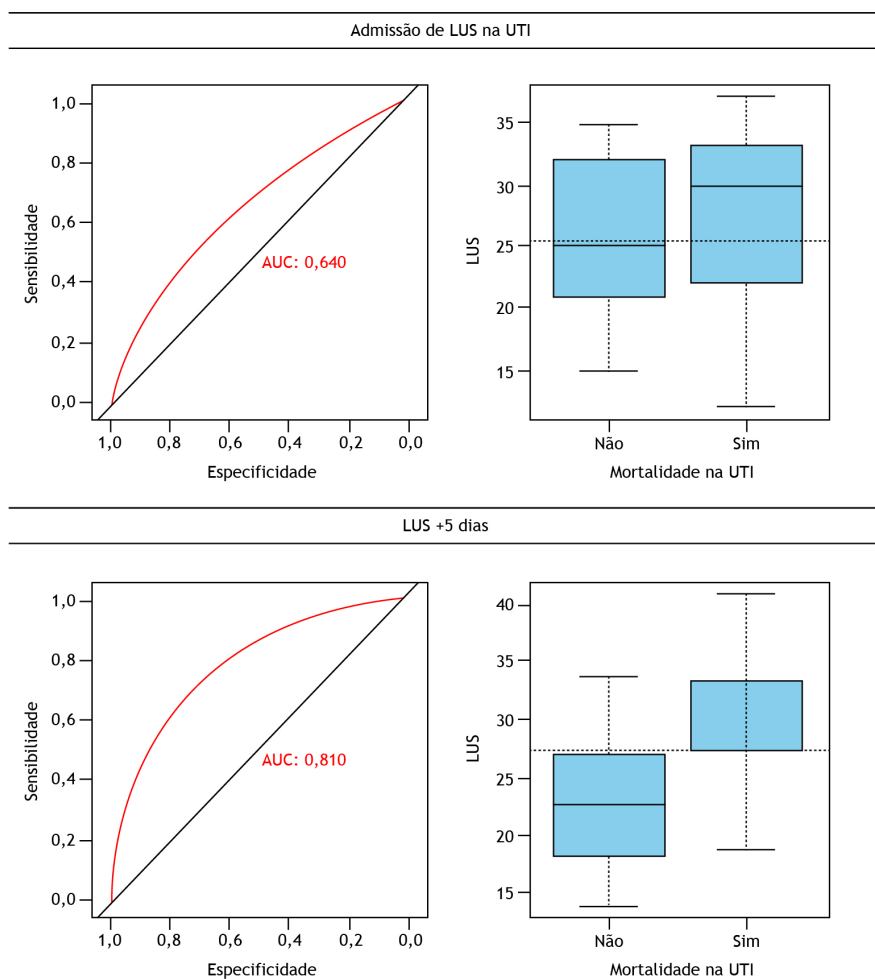
**Tabela 3.** Regressão multivariada; mortalidade prevista por LUS.

Modelo	OR (95%IC)	Valor-p
Modelo 1 (ajustado por idade, APACHE, Charlson)	1.32 (1.14-1.60)	0.001
Modelo 2 (ajustado por sexo e IMC)	1.30 (1.14-1.54)	< 0.001

	ROC AUC	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN
<b>LUS na admissão</b>					
LUS > 25	0.64	0.63	0.59	0.65	0.57
<b>LUS no 5º dia de admissão</b>					
LUS > 27	0.80	0.75	0.78	0.80	0.72

AUC = área sob a curva; ROC = curva característica de operação do receptor; VPP = valor preditivo positivo; VPN = valor preditivo negativo; LUS = escore ultrassonográfico pulmonar.

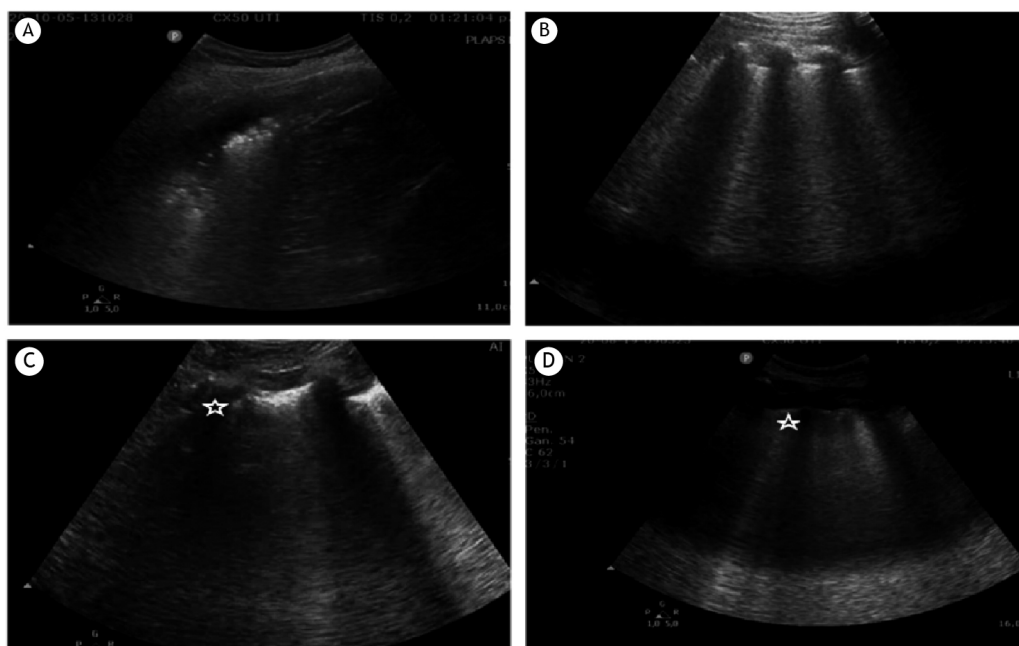
**Figura 2.** Sensibilidade e especificidade do escore LUS para prever a mortalidade do paciente na unidade de terapia intensiva.

com COVID-19 e que, logo após a admissão, poderia prever um maior risco de mortalidade.

O escore LUS poderia definir alterações que afetam a relação entre o tecido e o ar na superfície pulmonar;<sup>(19)</sup> na verdade, quanto maior o escore, maior a perda

da aeração pulmonar. A mediana do tempo entre o diagnóstico de COVID-19 e a primeira avaliação LUS foi de cinco dias, o que pode explicar a diferença entre o desempenho da primeira e da segunda avaliação LUS para prever desfechos desfavoráveis. De fato,





A) PLAPS esquerdo, consolidação pulmonar B) Região posterior superior esquerda, B2 coalescente C) Região axilar esquerda, consolidação B2 coalescente e subpleural D) Região anterior superior esquerda, consolidação B2 coalescente e subpleural

**Figura 3.** Imagens LUS de pacientes incluídos no estudo.

a segunda avaliação foi realizada em média 10 dias após o diagnóstico, quando COVID-19 apresenta pico inflamatório, principalmente devido ao aumento de citocinas pró-inflamatórias.<sup>(20,21)</sup> Foi demonstrado que pacientes com desconforto respiratório de COVID-19 pode manter a complacência pulmonar quase normal nos estágios iniciais da doença, apesar da boa oxigenação para piorar ou melhorar posteriormente.<sup>(22,23)</sup>

O escore LUS mostrou associação com a gravidade clínica dos pacientes com COVID-19 na avaliação inicial no dia da admissão na UTI; entretanto, foi no quinto dia de internação que o escore atingiu sua melhor AUC para prever mortalidade. Em estudo comparável, essa diferença no escore já era significativa na primeira avaliação de LUS.<sup>(24)</sup> Lichter et al. também mostraram que o escore LUS poderia identificar o aparecimento de espessamento e derrame pleural, prevenindo deterioração clínica que se traduziu na necessidade de ventilação mecânica e mortalidade.<sup>(24)</sup> Em seu estudo, um escore LUS superior a 18 indicou uma sobrevida significativamente menor.<sup>(24)</sup>

Nosso estudo foi direcionado ao grupo mais crítico de pacientes com COVID-19 em nosso hospital; aqueles pacientes que necessitaram de internação em UTI por causa de insuficiência respiratória aguda. Como resultado, nossos valores de escore LUS foram superiores aos de publicações anteriores, que incluíam pacientes internados em serviços de emergência ou enfermarias

gerais, em seus estágios iniciais da doença.<sup>(13)</sup> Além disso, decidimos incluir a região lateral do pulmão para a axila e para os pontos PLAPS, onde geralmente se observam derrame pleural e consolidações maiores. A pleura não é descrita em detalhes porque embora tenha sido encontrada alterada (rompimento pleural, espessamento pleural), o transdutor foi destinado para avaliação do tipo A, padrão pulmonar tipo B e consolidações subpleurais e nas características patológicas bilaterais dos pontos PLAPS foram encontrados em 100% de nossa população, em concordância com outros estudos de LUS em pacientes com COVID-19<sup>(18,20)</sup> e os achados mais comuns foram linhas B e consolidações subpleurais em segmentos posteriores.

Nosso estudo tem várias limitações que devem ser levadas em consideração na interpretação de nossos resultados. Foi realizado em um único centro, com pequeno número de pacientes; alguns deles haviam sido admitidos pela primeira vez na enfermaria geral antes de serem transferidos para a UTI, superestimando o ponto de corte do escore para prever má evolução clínica e mortalidade. O uso de um transdutor de baixa frequência e alta penetrância poderia ter perdido uma avaliação mais precisa das características da linha pleural. Outras limitações foram que o início dos sintomas não foi registrado, outras infecções não foram avaliadas e nem todos os potenciais fatores de confusão e modificadores de efeito foram medidos,

como edema pulmonar, como resultado de recursos limitados durante a pandemia.

Nossos resultados devem ser interpretados com cautela. Além das limitações listadas acima, é fundamental que a implementação do ultrassom pulmonar seja supervisionada por pessoal treinado. Nosso estudo contribui com a literatura que apoia o uso da avaliação pulmonar por ultrassom como um método simples para prever a evolução de pacientes com COVID-19, sua necessidade de ventilação mecânica

e óbito. LUS é uma ferramenta facilmente disponível que pode ajudar os médicos a planejar o manejo de pacientes com COVID-19.

## CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

FAS e AM: conceitualização. FAS, AM, SS, DI, ALD, BTO, CC e CB: coleta de dados. FAS, AM e JO: análise de dados. FAS, AM, JO e JR: investigação. AM e JR: redação do rascunho. AM e JR: visualização.

## REFERÊNCIAS

- Chen N, Zhou M, Dong X, Qu J, Gong F, Han Y, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. *Lancet*. 2020;395(10223):507-13. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30211-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30211-7). PMID:32007143.
- Lichtenstein DA. Ultrasound examination of the lungs in the intensive care unit. *Pediatr Crit Care Med*. 2009;10(6):693-8. <http://dx.doi.org/10.1097/PCC.0b013e3181b7f637>. PMID:19675509.
- Arbelot C, Ferrari F, Bouhemad B, Rouby JJ. Lung ultrasound in acute respiratory distress syndrome and acute lung injury. *Curr Opin Crit Care*. 2008;14(1):70-4. <http://dx.doi.org/10.1097/MCC.0b013e3282f43d05>. PMID:18195629.
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al. International evidence-based recommendations for point of care ultrasound. *Intensive Care Med*. 2012;38(4):577-91. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-012-2513-4>. PMID:22392031.
- Tierney DM, Huelster JS, Overgaard JD, Plunkett MB, Boland LL, St. Hill CA, et al. Comparative performance of pulmonary ultrasound, chest radiograph, and CT among patients with acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2020;48(2):151-7. <http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000004124>. PMID:31939782.
- Zielecki L, Markarian T, Lopez A, Taguet C, Mohammedi N, Boucekine M, et al. Comparative study of lung ultrasound and chest computed tomography scan in the assessment of severity of confirmed COVID-19 pneumonia. *Intensive Care Med*. 2020;46(9):1707-13. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-020-06186-0>. PMID:32728966.
- Lichtenstein D, Goldstein I, Mourgeon E, Cluzel P, Grenier P, Rouby JJ. Comparative diagnostic performances of auscultation, chest radiography, and lung ultrasonography in acute respiratory distress syndrome. *Anesthesiology*. 2004;100(1):9-15. <http://dx.doi.org/10.1097/0000542-200401000-00006>. PMID:14695718.
- Xirouchaki N, Magkanas E, Vaporidi K, Kondili E, Plataki M, Patrianakos A, et al. Lung ultrasound in critically ill patients: comparison with bedside chest radiography. *Intensive Care Med*. 2011;37(9):1488-93. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-011-2317-y>. PMID:21809107.
- Testa A, Soldati G, Copetti R, Giannuzzi R, Portale G, Gentiloni-Silveri N. Early recognition of the 2009 pandemic influenza A (H1N1) pneumonia by chest ultrasound. *Crit Care*. 2012;16(1):R30. <http://dx.doi.org/10.1186/cc11201>. PMID:22340202.
- Buonsenso D, Pata D, Chiaretti A. COVID-19 outbreak: less stethoscope, more ultrasound. *Lancet Respir Med*. 2020;8(5):e27. [http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30120-X](http://dx.doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30120-X). PMID:32203708.
- Bitar ZI, Shamsah M, Bamasood OM, Maadarani OS, Alfoudri H. Point-of-Care Ultrasound for COVID-19 Pneumonia Patients in the ICU. *J Cardiovasc Imaging*. 2021;29(1):60-8. <http://dx.doi.org/10.4250/jcvi.2020.0138>. PMID:33511802.
- Hu Z, Liu Z, Dong Y, Liu J, Huang B, Liu A, et al. Evaluation of lung involvement in COVID-19 pneumonia based on ultrasound images. *Biomed Eng Online*. 2021;20(1):27. <http://dx.doi.org/10.1186/s12938-021-00863-x>. PMID:33743707.
- Martinez Redondo J, Comas Rodriguez C, Pujol Salud J, Crespo Pons M, Garcia Serrano C, Ortega Bravo M, et al. Higher accuracy of lung ultrasound over chest X-ray for early diagnosis of COVID-19 pneumonia. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(7):3481. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph18073481>. PMID:33801638.
- Volpicelli G, Gargani L, Perlini S, Spinelli S, Barbieri G, Lanotte A, et al. Lung ultrasound for the early diagnosis of COVID-19 pneumonia: an international multicenter study. *Intensive Care Med*. 2021;47(4):444-54. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-021-06373-7>. PMID:33743018.
- Heldeweg MLA, Lopez Matta JE, Haaksma ME, Smit JM, Elzo Kraemer CV, Grooth HJ, et al. Lung ultrasound and computed tomography to monitor COVID-19 pneumonia in critically ill patients: a two-center prospective cohort study. *Intensive Care Med Exp*. 2021;9(1):1. <http://dx.doi.org/10.1186/s40635-020-00367-3>. PMID:33491147.
- Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R, Buonsenso D, Perrone T, Briganti DF, et al. Proposal for international standardization of the use of lung ultrasound for COVID-19 patients: a simple, quantitative, reproducible method. *J Ultrasound Med*. 2020;39(7):1413-9. <http://dx.doi.org/10.1002/jum.15285>. PMID:32227492.
- Lichter Y, Topilsky Y, Taieb P, Banai A, Hochstadt A, Merdler I, et al. Lung ultrasound predicts clinical course and outcomes in COVID-19 patients. *Intensive Care Med*. 2020;46(10):1873-83. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-020-06212-1>. PMID:32860069.
- Tian S, Hu W, Niu L, Liu H, Xu H, Xiao SY. Pulmonary pathology of early phase 2019 novel coronavirus (COVID-19) pneumonia in two patients with lung cancer. *J Thorac Oncol*. 2020;15(5):700-4. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtho.2020.02.010>. PMID:32114094.
- Soldati G, Smargiassi A, Inchingolo R, Sher S, Nenna R, Valente S, et al. Lung ultrasonography may provide an indirect estimation of lung porosity and airspace geometry. *Respiration*. 2014;88(6):458-68. <http://dx.doi.org/10.1159/000368086>. PMID:25376260.
- Clerkin KJ, Fried JA, Raikhelkar J, Sayer G, Griffin JM, Masoumi A, et al. COVID-19 and Cardiovascular Disease. *Circulation*. 2020;141(20):1648-55. <http://dx.doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.120.046941>. PMID:32200663.
- Kenny G, Mallon PW. COVID-19: clinical presentation and therapeutic considerations. *Biochem Biophys Res Commun*. 2021;538:125-31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bbrc.2020.11.021>. PMID:33218685.
- Nouvelle A, Zani MD, Milanese G, Parise A, Baciarello M, Bignami EG, et al. Lung Ultrasound in COVID-19 pneumonia: correlations with Chest CT on hospital admission. *Respiration*. 2020;99(7):617-24. <http://dx.doi.org/10.1159/000509223>. PMID:32570265.
- Tung-Chen Y, Martí de Gracia M, Díez-Tascón A, Alonso-González R, Agudo-Fernández S, Parra-Gordo ML, et al. Correlation between chest computed tomography and lung ultrasonography in patients with coronavirus disease 2019 (COVID-19). *Ultrasound Med Biol*. 2020;46(11):2918-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2020.07.003>. PMID:32771222.
- Lichter Y, Topilsky Y, Taieb P, Banai A, Hochstadt A, Merdler I, et al. Lung ultrasound predicts clinical course and outcomes in COVID-19 patients. *Intensive Care Med*. 2020;46(11):2128-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-020-06254-5>. PMID:32975585.