BRUNO MELO NÓBREGA DE LUCENA

**Comparação entre ultrassonografia pulmonar e
tomografia computadorizada de tórax no diagnóstico
de patologias pulmonares e nas decisões terapêuticas
em pacientes críticos**

Tese apresentada à Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo para obtenção do título de
Doutor em Ciências

Programa de Pneumologia

Orientadora: Profa. Dra Carmen Sílvia Valente Barbas

São Paulo

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Lucena, Bruno Melo Nóbrega de
Comparação entre ultrassonografia pulmonar e
tomografia computadorizada de tórax no diagnóstico de
patologias pulmonares e nas decisões terapêuticas
em pacientes críticos / Bruno Melo Nóbrega de Lucena.
-- São Paulo, 2021.
Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da
Universidade de São Paulo.
Programa de Pneumologia.
Orientadora: Carmen Sílvia Valente Barbas.

Descritores: 1.Ultrassonografia de intervenção
2.Tomografia 3.Cuidados críticos 4.Unidades de
terapia intensiva 5.Pneumologia 6.Resultados de
cuidados críticos

USP/FM/DBD-105/21

Responsável: Erinalva da Conceição Batista, CRB-8 6755

Dedicatória

Ao meu filho, Pedro Luiz, e a toda minha família, pela compreensão e paciência nos momentos em que estive ausente.

Aos meus pais Edson e Renata, pelos valores e impulso que me fizeram sonhar com esse momento.

Aos meus queridos avós Pedro e Maria Lúcia por não me deixarem nunca desistir.

À Daniele por acreditar antes de todos e pelas sucessivas revisões.

Aos meus amigos Catherine, Nayra, Sérgio e Augusto, os quais fizeram desse trabalho possível.

A todos os meus colegas de trabalho que mesmo durante a pandemia, me permitiram dedicar o tempo necessário para a conclusão desse projeto.

Agradecimentos

A minha orientadora pelo apoio e estímulo.

A todo o Departamento da Anestesia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo por sempre manterem a porta aberta para esse projeto.

A equipe da Unidades de Terapia Intensiva dos departamentos de Anestesia e Pneumologia por viabilizarem esse estudo.

**“Você não pode mudar o vento, mas pode
ajustar as velas do barco para chegar aonde quer.”**

Confúcio

NORMATIZAÇÃO ADOTADA

Esta tese está de acordo com as seguintes normas, em vigor no momento desta publicação:

Referências: adaptado de *International Committee of Medical Journals Editors* (Vancouver).

Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina. Serviço de Biblioteca e Documentação. Guia de apresentação de dissertações, teses e monografias. Elaborado por Anneliese Carneiro da Cunha, Maria Julia de A. L. Freddi, Maria F. Crestana, Marinalva de Souza Aragão, Suely Campos Cardoso, Valéria Vilhena. 3ª edição. São Paulo: Serviço de Biblioteca e Documentação; 2011.

Abreviaturas dos títulos dos periódicos de acordo com *List of Journals Indexed in Index Medicus*.

Sumário

Lista de Abreviaturas, Símbolos e Siglas

Lista de Quadros

Lista de Figuras

Lista de Tabelas

Resumo

Summmmary

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo primário	5
2.2. Objetivos secundários	5
3. REVISÃO DA LITERATURA	7
3.1. Ultrassonografia pulmonar	7
3.2. Padrões de imagens ultrassonográficas	9
3.2.1. Pulmão normal	9
3.2.2 Síndrome intersticial	10
3.2.3 Síndrome Alveolar	11
3.2.4. Consolidação	12
3.2.5. Derrame pleural	13
3.2.6. Pneumotórax	15
3.3. Tomografia de tórax	16
3.4. Comparação entre ultrassonografia pulmonar e tomografia de tórax	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1. Delineamento	25
4.2. Amostra	25
4.3. Elegibilidade	25
4.3.1. Critérios de inclusão	25
4.3.2. Critérios de exclusão	25
4.4. Metodologia	26
4.5 Realização da ultrassonografia pulmonar	30

4.6 Análise da tomografia de tórax.....	31
4.7. Escore de aeração pulmonar na ultrassonografia e na tomografia de tórax	31
4.8. Análise estatística	32
5. RESULTADOS.....	34
5.1. Casuística	34
5.2. Concordância entre as terapias propostas.....	39
5.3. Diferença de tempo entre as duas intervenções.....	43
5.4. Concordância entre as imagens obtidas pelos dois métodos	44
5.4.1. Concordância geral entre as imagens	44
5.4.2. Concordância entre as imagens na região ântero-superior direita...	45
5.4.3. Concordância entre as imagens na região ântero-inferior direita	47
5.4.4. Concordância entre as imagens na região latero-superior direita....	49
5.4.5. Concordância entre as imagens na região látero-inferior direita.....	51
5.4.6. Concordância entre as imagens na região postero-superior direita. 53	
5.4.7. Concordância entre as imagens na região pósterio-inferior direita...	55
5.4.8. Concordância entre as imagens na região ântero-superior esquerda	57
5.4.9. Concordância entre as imagens na região ântero-inferior esquerda	59
5.4.10. Concordância entre as imagens na região látero-superior esquerda	61
5.4.11. Concordância entre as imagens na região látero-inferior esquerda	63
5.4.12. Concordância entre as imagens na região pósterio-superior esquerda.....	65
5.4.13 Concordância entre as imagens na região pósterio-inferior esquerda	67
5.5. Diferença nas intercorrências ocorridas realização dos dois exames....	69
5.6. Comparação entre o escore ultrassonográfico de aeração e seu equivalente tomográfico	69
6. DISCUSSÃO	72
7. CONCLUSÃO	82

8. ANEXOS	84
Anexo A	84
Anexo B	89
9. REFERÊNCIAS.....	93

LISTAS

ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

AAL	linha axilar anterior
AID	Ântero-inferior direita
AIE	Ântero-inferior esquerda
ASE	Ântero-superior esquerda
ASD	Ântero-superior direita
ATB	antibioticoterapia
BH	balanço hídrico
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
DP	drenagem pleural
HC-FMUSP	Hospital das Clínicas – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
ICHC	Instituto Central do Hospital das Clínicas
INCOR-FMUSP	Instituto do Coração – Faculdade de Medicina da USP
LID	Latero-inferior direita
LIE	Latero-inferior esquerda
LSD	Latero-superior direita
LSE	Latero-superior esquerda
LTS	Escore de aeração pulmonar tomográfico.
LUS	Escore de aeração pulmonar por ultrassonografia
PaO ₂ /FiO ₂	Relação pressão parcial de oxigênio arterial com a fração inspirada de oxigênio
PAL	linha axilar posterior;
PEEP	Pressão Expiratória Final Positiva
PiCCO	(pulse indicator continuous cardiac output)
PID	Postero-inferior direita
PIE	Postero-inferior esquerda;
PSD	Postero-superior direita
PSE	Postero-superior esquerda;
PSL	linha paraesternal
PVL	linha paravertebral
PTX	pneumotórax
SAPS III	Simplified Acute Physiology Score III
SBIBAE	Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Albert Einstein
SOFA	<i>Sequential Organ Failure Assessment</i>
TC	Tomografia computadorizada
TEP	Tromboembolismo pulmonar
US	Ultrassonografia
UTI	Unidade de Terapia Intensiva

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Sensibilidade e especificidade entre ultrassonografia e tomografia em diversos estudos.....	18
Quadro 2	Sensibilidade e especificidade na tomografia conforme região.....	20
Quadro 3	Concordância entre USG pulmonar e tomografia de tórax: análise por pulmão e lobo pulmonar.....	21
Quadro 4	Concordância entre diagnósticos sindrômicos feitos pela USG pulmonar com a tomografia de tórax.....	22
Quadro 5	Definição de concordância imaginológico.....	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	<i>Seashore Sign</i>	9
Figura 2.	Seta branca: Linha A; Seta vermelha: linha pleural.....	10
Figura 3.	Setas = Linhas B.....	11
Figura 4.	Ausência de linha A em um paciente com edema agudo de pulmão.....	12
Figura 5	Consolidação pulmonar com presença de fluxo no <i>doppler</i> , sugerindo pneumonia.....	13
Figura 6	Derrame pleural e Consolidação Pulmonar.....	14
Figura 7	Pneumotórax mostrando sinal da estratosfera no Modo M (seta).....	16
Figura 8	Fluxograma do estudo.....	29
Figura 9	Regiões para exame conforme posicionamento adequado do para o exame.....	31
Figura 10	<i>Flowchart</i> da população estudada.....	34
Figura 11	Índice de Pearson.....	69
Figura 12	Teste de <i>Bland-Altman</i> entre escore aeração ultrassonográfico e tomográfico.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Características demográficas	35
Tabela 2	Motivo da solicitação da tomografia computadorizada de tórax.....	36
Tabela 3	Característica dos pacientes no momento da ultrassonografia	37
Tabela 4	Característica dos pacientes no momento da tomografia.....	38
Tabela 5	Intervenções sugeridas pela ultrassonografia.....	39
Tabela 6	Condutas decididas após a tomografia.....	40
Tabela 7	Concordância entre as terapias propostas.....	40
Tabela 8	Comparação detalhada entre as terapias dos dois métodos de imagem.....	42
Tabela 9	Diferença de tempo entre as duas intervenções.....	43
Tabela 10	Concordância geral entre as imagens.....	44
Tabela 11	Concordância entre as imagens na região ântero-superior direita.....	46
Tabela 12	Concordância entre as imagens na região ântero-inferior direita.....	48
Tabela 13	Concordância entre as imagens na região latero-superior direita.....	50
Tabela 14	Concordância entre as imagens na região latero-inferior direita.	52
Tabela 15	Concordância entre as imagens na região postero-superior direita.....	54
Tabela 16	Concordância entre as imagens na região postero-inferior direita.....	56
Tabela 17	Concordância entre as imagens na região Antero superior esquerda.....	58

Tabela 18	Concordância entre as imagens na região ântero-inferior esquerda.....	60
Tabela 19	Concordância entre as imagens na região latero-superior esquerda.....	62
Tabela 20	Concordância entre as imagens na região latero-inferior esquerda.....	64
Tabela 21	Concordância entre as imagens na região postero-superior esquerda.	66
Tabela 22	Concordância entre as imagens na região postero-inferior esquerda.....	68

RESUMO

Lucena B. Comparação entre ultrassonografia pulmonar e tomografia computadorizada de tórax no diagnóstico de patologias pulmonares e nas decisões terapêuticas em pacientes críticos. [Tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2021.

Introdução: Tomografia computadorizada de tórax é o padrão-ouro em imagens torácicas, mas em pacientes críticos seu uso requer transporte com necessidade de monitorização, radiação e custos. Ultrassonografia pulmonar mostra-se como um método promissor to para diagnosticar patologias pulmonares em terapia intensiva, sendo possível ser realizada pelos médicos intensivistas e sem as desvantagens intrínsecas à tomografia computadorizada de tórax. O objetivo desse estudo é comparar imagens e intervenções guiadas por esses dois métodos.

Metodologia: Estudo prospectivo, intervencionista e realizado em duas unidades de terapia intensiva somando 27 leitos de março de 2017 a fevereiro de 2020 e com 102 pacientes incluídos. Ultrassonografia pulmonar foi realizada após a solicitação da tomografia computadorizada de tórax e antes desse exame ser realizado. As indicações para a tomografia foram agrupadas em 5 grupos previamente estabelecidos: 1) investigação de insuficiência respiratória; 2) diagnóstico infeccioso; 3) tromboembolismo pulmonar; 4) derrame pleural e 5) outros.

A indicação para solicitação de tomografia computadorizada de tórax e história clínica era analisada pelo médico que realizou a ultrassonografia e os padrões de imagem foram descritos dividindo cada hemitórax em 6 áreas. Ao final, era proposto uma intervenção entre 10 previamente estabelecidas: 1) início ou mudança de antibiótico; 2) aumento de pressão expiratória positiva final (PEEP); 3) recrutamento alveolar; 4) balanço hídrico negativo; 5) drenagem pleural unilateral; 6) drenagem pleural bilateral; 7) solicitação de exame adicional; 8) outra intervenção; 9) ajuste ventilatório e 10) sem mudança de conduta, de maneira cega ao time local da terapia intensiva. Após a realização da tomografia computadorizado de tórax, usando as mesmas áreas da ultrassonografia pulmonar, foi comparado à concordância entre as síndromes imaginológicas observadas nos dois métodos e na intervenção proposta e a realizada.

Resultados: A concordância entre as intervenções e entre os padrões de imagem, usando um intervalo de confiança de 95%, foram respectivamente 88,9% (CI =72,9%; 96,4%) e 50,8% (CI = 47,92% -53,66%).

Conclusão: A ultrassonografia pulmonar é um método confiável para propor intervenções com uma moderada concordância entre os padrões de imagem quando comparada com a tomografia computadorizada de tórax.

SUMMARY

Lucena B. Comparison of Lung Ultrasound to Chest Tomography in respiratory diagnostic accuracy and treatment decision in critically ill patients [Tesis]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo, 2021.

Introduction: Chest tomography is the gold standard in thorax imaging, but in critical patients its use requires transport with monitoring necessity, radiation and costs. Lung ultrasound shows be a promisor method to diagnose lung pathologies in critical care, possible to be made by intensivists and without the intrinsic disadvantages of chest tomography. The aim of this study is to compare imagings and interventions guided by these two methods.

Methodology: Prospective, interventional study, realized in two intensive care units adding 27 beds from March 2017 to February 2020 and with 102 patients included. Lung ultrasound was performed after requesting a chest tomography and before these exams were realized. The indications for chest tomography were grouped in 5 previous established: 1) investigation of acute respiratory failure; 2) infectious diagnosis; 3) pulmonary embolism; 4) pleural effusion e 5) others

The indication for chest tomography request and clinical history was analyzed by the lung ultrasound performer and the findings of pattern of images were described dividing each hemithorax into 6 areas. At final, it was proposed an intervention between 10 previously established: 1) initiation or change in antibiotic therapy; 2) increased positive end-expiratory pressure (PEEP); 3) alveolar recruitment; 4) negative water balance; 5) unilateral pleural drainage; 6) bilateral pleural drainage; 7) request for additional exams; 8) another intervention; 9) ventilatory adjustment and 10) no therapeutic change, blinded to intensive care staff. After chest tomography was realized, using the same areas utilized in lung ultrasound, were compared the concordance between imaging syndromic acquired with the two methods and the interventions suggested and realized.

Results: the concordance between interventions and pattern images, using a 95% interval confidence, were respectively, 88,9% (CI =72,9%; 96,4%) and 50,8% (CI = 47,92% -53,66%)

Conclusions: Lung ultrasound is a trustworthy method to propose interventions in critical care and with a moderate concordance between pattern images when compared with chest tomography.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A realização de exames de imagem pulmonar no ambiente de terapia intensiva é frequente e motivado por inúmeras razões, sendo a principal delas a realização de um diagnóstico pulmonar preciso da causa de insuficiência respiratória e melhor adequação de tratamento, ambas com intuito de melhorar o prognóstico do paciente ¹. Nesse contexto, a tomografia de tórax é o exame de imagem o padrão ouro ². No entanto, existem limitações na realização desse exame devido à necessidade de transporte do paciente com monitorização hemodinâmica e respiratória e possíveis intercorrências na mobilização, dificuldade para a repetição de exames, radiação e custo ².

Nesse cenário, existe um aumento da importância da ultrassonografia pulmonar devido à sua maior disponibilidade, baixo custo e possibilidade de realização pelo intensivista treinado, sem necessidade de transferência do paciente para outro setor e sem radiação ^{2,3}.

Entretanto, se existem estudos que comprovem a alta sensibilidade e especificidade para diagnósticos específicos (consolidação, síndrome interstício-alveolar, pneumotórax e derrame pleural) e seu papel na insuficiência respiratória aguda ⁴, faltam estudos que mostrem a eficácia da ultrassonografia em todas as situações em que são solicitados exames de imagem pulmonares na unidade de terapia intensiva para o diagnóstico, assim como a comparação de condutas por esses dois métodos de imagem.

O objetivo do nosso estudo foi comparar prospectivamente o desempenho da ultrassonografia comparada à tomografia em todos os cenários em que esse

exame é solicitado na unidade de terapia intensiva quanto a diagnóstico respiratório e a conduta terapêutica adotada.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo primário

- Comparar a concordância entre as terapias propostas com o auxílio da ultrassonografia pulmonar com a terapia adotada após a realização da tomografia de tórax em pacientes críticos.

2.2. Objetivos secundários

- Diferença de tempo para a realização dos exames;
- Diferença nas intercorrências ocorridas realização dos dois exames;
- Concordância entre as imagens obtidas pelos dois métodos;
- Comparação entre o escore ultrassonográfico de aeração e uma proposição de um equivalente tomográfico.

REVISÃO DE LITERATURA

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Ultrassonografia pulmonar

A idéia da utilização da ultrassonografia no meio médico foi primeiramente documentada em 1937, quando os irmãos Karl Theodore e Friederich Dussik propuseram que tal método poderia ser usado no diagnóstico de tumores cerebrais. Apesar do resultado que nessas experiências mostrou negativo e do receio de possíveis danos biológicos causados pelo ultrassom nos pacientes, o que poderia impedir a continuidade desses estudos, a idéia não foi abandonada e continuaram-se as investigações sobre seu papel, impulsionada pelos conhecimentos do sonar usado em meios militares e tão relevantes à época por ocasião da II Guerra Mundial ⁵.

E coincidentemente, foi um veterano da segunda guerra, Ian Donald, membro do departamento de ginecologia e obstetrícia da Universidade de Glasgow na Escócia, que em 1958 com sua publicação "*Investigação de massas abdominais por Ultrassonografia*" iniciou a consolidação desse exame na medicina, publicando uma série de artigos sobre o tema ⁵.

Concomitantemente ao avanço do conhecimento do método, ocorreram avanços também nos aparelhos, tornando-os cada vez mais portáteis e menores, um contraste com os aparelhos iniciais, e com melhora da resolução da imagem, popularizando o seu uso no meio médico entre várias especialidades ^{6, 7}.

Porém, se a ultrassonografia de forma geral começa a ter seu papel revelado no final da década de 50, a ultrassonografia pulmonar começa a ter

uma produção clinicamente relevante somente no final da década de 80, quando são publicados artigos como “*Pneumothorax: evaluation by ultrasound—preliminary results*” pelo Dr. K. Wernecke do Instituto de Clínica Radiológica da Universidade de Münster em 1987, culminando com uma série de artigos publicados pelo Dr. Daniel Lichtenstein na década de 90 correlacionando uma série de padrões de imagens pulmonares com seus respectivos diagnósticos clínicos ⁸⁻¹⁰.

Enfim, a interpretação dos artefatos gerados por um órgão aerado, o pulmão, e a pleura e as imagens ultrassonográficas geradas por essa relação, levam a um conjunto de interpretações que nos permitem dar diagnósticos e sugerir condutas, tais como escores ultrassonográficos preditores do sucesso de extubação em pacientes mecanicamente ventilados ¹¹ e ajuste da remoção de volume nos pacientes em hemodiálise ¹².

Para a aquisição das imagens em ultrassonografia pulmonar, não há necessidade de um *probe* específico, podendo ser utilizados o *probe* vascular (7-12 MHz) e abdominal (3-5 MHz) do aparelho de ultrassom. O *probe* vascular tem a vantagem de melhor definição de imagem e a desvantagem da dificuldade de visualização em pacientes com maior espessura de tecido subcutâneo, nos quais o feixe ultrassonográfico precisa de uma penetração maior. Já o *probe* abdominal, antagonicamente, não forma uma imagem tão nítida, entretanto, apresenta menos problemas em relação a espessura da pele⁶.

3.2. Padrões de imagens ultrassonográficas

3.2.1. Pulmão normal

O parênquima pulmonar não é visualizado pelo fato de ser composto, basicamente, por ar, e, assim como qualquer gás, não forma imagem. Logo, fica a definição de que ultrassonografia pulmonar é a captação de imagens decorrentes da reflexão da superfície pleural com o substrato posterior ⁶. Nos pulmões normais, então, o que é visualizado é o movimento da linha da pleura visceral deslizando sobre a pleura parietal, o que gera no modo M do ultrassom, o *seashore sign* ou sinal da areia da praia (Figura 1), fruto do movimento ritímico da respiração ⁴. No modo B do ultrassom, a reverberação da pleura gera um artefato de imagens horizontais hiperecogênicas equidistantes entre si no parênquima pulmonar chamadas de linhas A (Figura 2) e que de forma didática podem ser entendidas como sinal de que o alvéolo é preenchido por ar. No escore de avaliação de aeração pulmonar, sua pontuação corresponde a 0 ¹¹.

Figura 1- Seashore Sign

Figura 2 - Seta branca: Linha A; Seta vermelha: linha pleural.

3.2.2 Síndrome intersticial

A alteração do interstício pulmonar, pode ser causada por aumento da água extravascular pulmonar ou por doenças que acometem diretamente o parênquima, tais como fibrose pulmonar ou processos pneumônicos ^{4, 13}. Isso ocorre devido a preenchimento de um septo interlobular ou intralobular, havendo uma alteração do feixe ultrassonográfico ao atravessar a pleura, gerando as linhas B (Figura 3) ⁶. Essas linhas são artefatos de imagens que serão visualizadas por linhas verticais hiperecóticas que apagam as linhas A no modo B e que também se movem de forma rítmica com a respiração e a presença de até 3 linhas B é considerada normal ⁶. Na avaliação de água

extravascular pulmonar, a relação entre a quantidade de linhas B e a quantidade de água extravascular pulmonar segue de forma proporcional, ou seja, quanto maior quantidade de linhas B, maior a quantidade de água ^{12, 14, 15}. No escore de avaliação de aeração pulmonar, sua pontuação corresponde a ¹¹.

Figura 3 - Setas = Linhas B.

3.2.3 Síndrome Alveolar

Doenças quando acometem o alvéolo, substituindo o ar por outro conteúdo, alteram a reverberação ultrassonográfica que dá origem a linha A, apagando-a e determinando uma imagem homogeneamente hiperecogênica e sem padrão tecidual (Figura 4) ^{16, 17}. Apesar de algumas publicações descreverem a síndrome alveolar junto com a intersticial, é sabido que do ponto de vista de aeração pulmonar, essa lesão representa menos aeração

que a anterior ¹⁶. No escore de avaliação de aeração pulmonar, sua pontuação corresponde a 2 ¹¹.

Figura 4 - Ausência de linha A em um paciente com edema agudo de pulmão.

3.2.4. Consolidação

Corresponde a perda da aeração do parênquima pulmonar no local onde o líquido ou ar pulmonar é preenchido por outro material. Quando essa, por sua vez, alcança a pleura, a ultrassonografia gera imagens de uma estrutura com ecogenicidade semelhante ao de órgãos sólidos ^{4, 18}. Existem diferentes causas para a consolidação, tais quais broncopneumonias, atelectasias e infartos pulmonares ¹⁸. A avaliação dinâmica das consolidações e o *doppler* auxiliam na diferenciação entre elas, sendo a presença de fluxo sanguíneo dentro da consolidação um sinal de pneumonia e a sua ausência, sinal de atelectasia (ou

pneumonia necrotizante ¹⁹⁻²². No escore de avaliação de aeração pulmonar, independente da sua etiologia, sua pontuação corresponde a 3 ¹¹.

Figura 5 - Consolidação pulmonar com presença de fluxo no *doppler*, sugerindo pneumonia.

3.2.5. Derrame pleural

A presença de uma faixa anecóica interposta entre as duas pleuras sugere a presença de derrame pleural. O líquido pleural se acumula principalmente nas bases pulmonares e nessas janelas é possível visualizar desde pequenas quantidades de líquido até derrames extensos, além do

diagrama na região inferior da imagem ^{23, 24}. No escore de avaliação de aeração pulmonar, sua pontuação corresponde a 3 ¹¹.

Figura 6 - Derrame pleural e Consolidação Pulmonar

3.2.6. Pneumotórax

A formação das imagens ultrassonográficas características do pneumotórax é decorrente da entrada de ar entre as pleuras parietais e viscerais, causando o distanciamento entre elas. Logo, a ausência da imagem do deslizamento da pleura visceral sobre a parietal e as reverberações da pleura parietal no ar abaixo formam a imagem característica do pneumotórax (Figura 7) ²⁵. Quando acionado o modo M, o que se visualiza são apenas faixas contínuas das estruturas imóveis o que caracteriza o chamado sinal da estratosfera ou sinal do código de barras ⁴.

Algumas vezes conseguimos definir a presença do *lung point*, ou seja, a presença da imagem da pleura parietal deslizando sobre a visceral seguida das imagens estáticas delas em uma mesma janela acústica ²⁵. No escore de avaliação de aeração pulmonar, não existe pontuação correspondente para pneumotórax.

Figura 7 - Pneumotórax mostrando sinal da estratosfera no Modo M (seta).

3.3. Tomografia de tórax

Da primeira publicação da imagem de tomografia de tórax em 1975, em que pairava a dúvida de como se fazia uma imagem de um órgão em movimento e havia até mesmo afirmações de que “CT scans raramente ultrapassariam a acurácia diagnóstica de um raio X”, a tomografia se consolidou como método de imagem, com um aumento exponencial no número de aparelhos e de indicações para sua realização ²⁶.

A tomografia de tórax hoje se apresenta como padrão ouro na realização de exames pulmonares devido aos avanços nas resoluções da imagem ², fruto do desenvolvimento de novos aparelhos com métodos de aquisição mais avançados (espiral e a *multislice*) e diminuição do tempo para a sua obtenção²⁷.

Porém, se não existem dúvidas sobre a qualidade da sua imagem, muitas vezes não é o exame mais indicado em pacientes críticos devido à necessidade do transporte para outra área, o que implica em custos de monitorização, possibilidade de eventos adversos nessa movimentação ^{28, 29} e a inexequibilidade da repetição de exames de imagem devido ao efeito cumulativo de radiação ^{30, 31}. Soma-se a isso o risco do transporte de pacientes com doenças infecciosas pelo hospital, com a exposição de várias pessoas no transporte e a necessidade de higienização do aparelho após o exame ³².

3.4. Comparação entre ultrassonografia pulmonar e tomografia de tórax

Considerada o padrão ouro, a tomografia de tórax aparece em diversos estudos que serviram para consolidar a ultrassonografia pulmonar, aferindo a sua sensibilidade e especificidade em diagnósticos, como pode ser visto a seguir:

Quadro 1 - Sensibilidade e especificidade entre ultrassonografia e tomografia em diversos estudos

Artigos	Patologia	Sensibilidade	Especificidade
Alrajab S, <i>et al.</i> , 2013 ³³	Pneumotórax	79%	98%
Alrajhi S, <i>et al.</i> , 2012 ³⁴	Pneumotórax	90,9%	98,2%
Lichtenstein D, <i>et al.</i> , 2004 ³⁵	Síndrome Interstício-Alveolar	98%	88%
Chiuemello, D. <i>et al.</i> , 2019 ³⁶	Síndrome Interstício-Alveolar	83,2%	90,3%
Yousefifard M, <i>et al.</i> , 2016 ³⁷	Derrame Pleural	94%	98%
Lichtenstein D, <i>et al.</i> , 2004 ³⁵	Derrame Pleural	92%	93%
Chiuemello, D. <i>et al.</i> , 2019 ³⁶	Derrame Pleural	92,3%	98,6%
Nazerian P, <i>et al.</i> , 2015 ³⁸	Consolidação	82,8 – 91,7%	95,5 – 97,4%
Lichtenstein D, <i>et al.</i> , 2004 ³⁵	Consolidação	93%	100%
Amatya Y, <i>et al.</i> , 2018 ³⁹	Consolidação	91%	61%
Chiuemello, D. <i>et al.</i> , 2019 ³⁶	Consolidação	82,7%	90,2%

Mais que somente comparar os diagnósticos sindrômicos e em um aprofundamento para entender melhor a acurácia entre os dois métodos, um grupo de pesquisadores ³⁶, publicaram um trabalho comparando a acurácia dos dois exames em 32 pacientes diagnosticados com síndrome do desconforto

respiratório agudo, usando para essa análise a interpretação das imagens nas mesmas localizações, tendo como referência os limites anatômicos: linha paraesternal até a linha axilar anterior para configurar a região anterior; a linha axilar anterior até a linha axilar posterior para configurar a região lateral; e a linha axilar posterior até a paravertebral para configurar a região posterior, como os seguintes resultados:

Quadro 2 - Sensibilidade e especificidade na tomografia conforme região estudada. Adaptado de Chiumello *et al.* 2019

Padrão TC tórax	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)	Sensibilidade (%)	Especificidade (%)
	Anterior		Lateral		Posterior	
Normal	88,2	95,7	90	97,5		
Interstício- Alveolar	85	87,5	88,2	91	100	96,9
Consolidação	81,1	93,3	82,9	88,5	87,8	96,2
Derrame pleural	100	100	84	99	94,9	94

Comparando-se os resultados dos quatro padrões tomográficos usados nesse estudo, observa-se que existem diferenças na sensibilidade e especificidade para cada padrão da tomografia de tórax e, entre eles, para cada localização anatômica, mostrando que a despeito de trabalhos anteriores onde os resultados apontam como uma resposta binária da equivalência entre ultrassonografia e tomografia entre dois diagnósticos, existem uma variabilidade dependente da região onde é feito o exame e do diagnóstico sintromico em questão.

Seguindo a mesma linha de raciocínio do estudo anterior, outro grupo de pesquisadores ⁴⁰ compararam os achados de imagem entre ultrassonografia e tomografia em 9 pontos anatômicos representando os lobos pulmonares de 62 pacientes intubados por insuficiência respiratória aguda e com uma diferença de tempo entre a tomografia de tórax e a ultrassonografia menor que 24 horas. A relação entre os dois métodos apresentou os seguintes resultados:

Quadro 3 - Concordância entre USG pulmonar e tomografia de tórax: análise por pulmão e lobo pulmonar. Adaptado de Tierney *et al.* 2020

Pulmão direito	86,6%
Lobo pulmonar superior	83,6%
Lobo pulmonar médio	86,6%
Lobo pulmonar inferior	89,6%
Pulmão esquerdo	86,6%
Lobo pulmonar superior	91%
Lobo pulmonar inferior	82,1%

Quadro 4 - Concordância entre diagnósticos sindrômicos feitos pela USG pulmonar com a tomografia de tórax. Adaptado de Tierney *et al.* 2020

Normal	78,8%
Intersticial	86,2%
Vidro-fosco	89,9%
Atelectasia/consolidação	95,6%
Derrame pleural	100%
Total	88,9%

Esses dois estudos evidenciam que a ultrassonografia pulmonar é mais que uma questão de “ser ou não ser”, mas algo dependente da localização e de qual o diagnóstico que estamos comparando, apresentando uma questão que não foi levantada nos estudos anteriores: a capacidade diagnóstica da ultrassonografia não é uniforme, variando de acordo com a localização anatômica da doença. Como os estudos anteriores não sinalizaram o local onde foi feita a imagem e não existiu um protocolo único de realização da ultrassonografia pulmonar, e houve diferenças entre os locais examinados e na quantidade de imagens realizadas, isto pode ter tido consequências na aplicabilidade e acurácia clínica do exame. Como exemplo em determinadas situações de pós-operatório, com difícil acessos regiões ocluídas pelo curativo, pacientes que não podemos mobilizar e/ou com problemas de pele (presença de determinados tipos de feridas, enfisema subcutâneo, etc).

Todos os estudos aqui referenciados têm em comum a correlação da ultrassonografia pulmonar com algum outro método, mas em nenhum se simula o desempenho da ultrassonografia como método isolado, onde seria o único método diagnóstico responsável pela decisão clínico-terapêutica. Dois estudos que introduziram a ultrassonografia pulmonar como rotina em duas unidades de terapia intensiva, proporcionando uma redução no número de radiografias⁴¹,⁴², mas não o número de pedidos de tomografia ⁴².

Por fim, os estudos anteriores comparando ultrassonografia pulmonar com tomografia de tórax se restringiram a avaliação diagnóstica, não avaliando as múltiplas condutas terapêuticas com os resultados dos exames. Tendo em vista a ausência de estudos com essa perspectiva e ausência dessa resposta na literatura, o nosso trabalho objetivou comparar a ultrassonografia pulmonar obtida beira leito em pacientes críticos com a tomografia de tórax quanto a diagnóstico e conduta terapêutica.

MATERIAIS E MÉTODOS

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Delineamento

Estudo prospectivo, intervencionista, não randomizado.

4.2. Amostra

Amostra por conveniência.

4.3. Elegibilidade

4.3.1. Critérios de inclusão

- Idade ≥ 18 anos internados em unidade de terapia intensiva;
- Pacientes com tomografia de tórax com ou sem contraste solicitada pela equipe assistente;

4.3.2. Critérios de exclusão

- Incapacidade de mobilização do paciente para realização de ultrassonografia pulmonar;
- Ausência total de janela ultrassonográfica.

4.4. Metodologia

O estudo foi realizado em 2 unidades de terapia intensiva do complexo hospitalar Hospital das Clínicas – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HC-FMUSP), sendo uma delas no Instituto Central do Hospital das Clínicas (IHC) com 17 leitos cirúrgicos (UAC) e a outra no Instituto do Coração – Faculdade de Medicina da USP (INCOR-FMUSP), 10 leitos clínico-cirúrgicos (UTI-Pneumologia), durante o período de março de 2017 a fevereiro de 2020, ambas com médicos diaristas e plantonistas.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) da Sociedade Beneficente Israelita Brasileira Albert Einstein (SBIBAE) sob o número 1.750.739 e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi obtido para cada paciente, podendo ter sido pelo próprio ou familiar responsável (Anexo B)

Após o pedido da tomografia de tórax pelo médico diarista, era feita a ultrassonografia pulmonar por um médico que previamente treinado em ultrassonografia pulmonar, seja por treinamento na formação de medicina intensiva, seja por ser instrutor de cursos na área, e que fosse parte do grupo assistente local. Todas as solicitações foram posteriormente agrupadas em 5 indicações previamente estabelecidas: 1) investigação de insuficiência respiratória aguda; 2) investigação infecciosa; 3) tromboembolismo pulmonar; 4) derrame pleural e 5) outros.

Concomitante, foram registrados nome do paciente, gênero, registro hospitalar, idade, peso, altura, uso de droga vasoativa, sedação, bloqueador

neuromuscular, ventilação mecânica, hora da solicitação da tomografia, hora da realização da ultrassonografia, hora da realização da tomografia, presença de intercorrências durante o exame.

Após a realização da ultrassonografia pulmonar, o médico executor do procedimento anotava os achados dos exames encontrados de acordo com o protocolo previamente estabelecido pela equipe executora do projeto, nas regiões que foram estabelecidas a partir dos seguintes pontos anatômicos: região anterior limitada pela linha paraesternal até a axilar anterior; região lateral, limitada pela linha axilar anterior até a linha axilar posterior; região posterior, limitada pela linha axilar posterior até a linha paravertebral, e ainda se subdividindo cada uma dessas regiões em inferior e superior conforme o posicionamento dessas em relação ao diafragma, sendo classificado como inferior as imagens mais próximas dele e superior as mais distantes, caracterizando assim 6 regiões em cada hemitórax e 12 regiões ao total (Figura 8).

Os achados dos exames foram classificados conforme consolidado em literatura prévia do tema, sendo esses: 1) pulmão normal; 2) derrame pleural; 3) síndrome intersticial; 4) consolidação pulmonar; 5) síndrome alveolar; 6) pneumotórax e uma sétima opção que constava como “nenhuma das anteriores”.

Ainda nesse momento, o mesmo médico, associando os exames de imagem ao quadro clínico, anotava na folha de estudo (Anexo A) a sua sugestão de conduta para o paciente e que foram previamente definidas nas seguintes respostas: 1) antibioticoterapia; 2) aumento da pressão expiratória

final positiva (PEEP); 3) recrutamento alveolar; 4) balanço hídrico negativo; 5) drenagem pleural unilateral; 6) drenagem pleural bilateral; 7) solicitação de exame adicional; 8) outra intervenção não citada; 9) ajuste ventilatório e 10) nenhuma conduta nova a ser adotada.

Realizada a tomografia de tórax, a conduta do paciente definida pela equipe da unidade de terapia intensiva após o exame foi comparada com a sugerida após a realização da ultrassonografia. Além disso, um médico radiologista de forma independente e cega, dividindo o tórax de forma equivalente a ultrassonografia, classificou as áreas de cada tomografia usando os mesmos termos da ultrassonografia, sendo comparado os diagnósticos sindrômicos ultrassonográficos dados pelo intensivista aos diagnósticos sindrômicos tomográficos dados pelo radiologista.

Figura 8 - Fluxograma do estudo

Quadro 5 - Definição de concordância imaginológico

TC	USG
Normal	Presença de linha A + < 3 linhas B + deslizamento pleural
Derrame pleural	Derrame pleural
Síndrome Intersticial	Presença de ≥ 3 linhas B com presença de linha A
Consolidação	Consolidação
Síndrome Alveolar	Ausência de linha A
Pneumotórax	Ausência de deslizamento pleural + sinal da estratosfera em modo M + <i>lung point</i>
Nenhuma das anteriores (abscessos, enfisema, nódulos)	Nenhuma das anteriores (achados que não se encaixam em nenhuma das acima)

4.5 Realização da ultrassonografia pulmonar

A ultrassonografia pulmonar foi realizada com 3 aparelhos: GE® Vivid e90 (GE Vingmed, Horten, Norway), Mindray® M7 (Mindray Bio-medical Electronics CO, Shenzhen, China), Ultrasonix® Sonix OP (Ultrasonix, Vancouver, Canada). Não houve limitação a um probe específico, tendo sido utilizado o probe linear (5-8MHz) ou convexo (3-5 MHz) de todos os aparelhos conforme a decisão do médico executor do exame. As regiões de cada exame foram divididas após o posicionamento adequado do paciente para o exame (Figura 9).

PSL: linha paraesternal; AAL: linha axilar anterior; PAL: linha axilar posterior; PVL: linha paravertebral

Figura 9 - Regiões para exame conforme posicionamento adequado do para o exame. Adaptado de Arbelot *et al.* 2020

4.6 Análise da tomografia de tórax

A análise da tomografia de tórax foi feita por médico radiologista não treinado em ultrassonografia pulmonar, de forma independente, cega para o resultado dos exames de ultrassonografia, utilizando a definição descrita no Quadro 5.

4.7. Escore de aeração pulmonar na ultrassonografia e na tomografia de tórax

Após a realização da ultrassonografia pulmonar, foi calculado o escore de aeração pulmonar conforme descritos por Soummer *et al.*. Usando as respectivas equivalências de imagem e seus valores, foi calculado o equivalente tomográfico do escore ultrassonográfico.

4.8. Análise estatística

Realizamos análise descritiva dos 102 pacientes incluídos no estudo quanto à idade, sexo, índice de massa corpórea (IMC), especialidade, SOFA e SAPS3, presença de droga vasoativa, uso de sedação e bloqueador neuromuscular, gasometria arterial e uso de ventilação mecânica.

Para análise de concordância, quando necessário, foram utilizados proporção e intervalo de confiança de 95%.

Para a comparação de dois equipamentos foi utilizado o teste de *Bland-Altman*.

Amostras pareadas, quando necessário, foram testadas com teste t, com $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Casuística

O trabalho incluiu 102 pacientes que foram recrutados de acordo com o Figura 10.

Figura 10 - *Flowchart* da população estudada

As características demográficas desses pacientes estão representadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Características demográficas

		Resultados		Variação (mín - máx)
Sexo	Masculino (N/%)	63	61,80%	
	Feminino (N/%)	39	38,20%	
Idade (mediana)		60		22-93
IMC	<25 (N/%)	61	59,80%	
	25-30 (N/%)	23	22,50%	
	30-35 (N/%)	11	10,80%	
	35-40 (N/%)	3	2,90%	
	>40 (N/%)	4	3,90%	
Especialidade	Clínica (N/%)	58	56,90%	
	Cirúrgica (N/%)	44	43,10%	
SOFA (mediana)		7		0-18
SAPS III (mediana)		54,5		13-111

IMC: índice de massa corpórea; **SOFA:** *Sequential Organ Failure Assessment*; **SAPS III:** *Simplified Acute Physiology Score III*

A população mostrou-se predominantemente masculina, idosa, clínica e com mediana do SOFA no momento da solicitação da tomografia de 7 (mortalidade prevista < 33,3%), com SAPS III de 54,5 (mortalidade intra-hospitalar entre 33,1% e 35,5%, dado já ajustado para a América do Sul).

A quantidade de pedidos de tomografia nas 5 indicações pré-determinadas ficou dividida da seguinte forma:

Tabela 2 - Motivo da solicitação da tomografia computadorizada de tórax

Motivo da solicitação	Infecção (n/%)	36	35,30%
	Insuficiência respiratória (n/%)	33	32,40%
	Derrame (n/%)	6	5,90%
	TEP (n/%)	4	3,90%
	Outras (n/%)	23	22,50%

TEP: tromboembolismo pulmonar

Em primeiro lugar no motivos de solicitação a tomografia foi pedida na investigação de infecção, seguido de insuficiência respiratória, ambas responsáveis por 67,7% de todas as solicitações, tendo outras três a somatória de 32,3%. Chama a atenção que a categoria “Outras” inclui 22,5% das indicações de tomografia, sendo que na nossa amostra tais indicações foram as seguintes, seguido do número de cada uma delas: hemotórax =2; dissecação de aorta = 1; piora radiográfica = 1; trauma = 3; pneumotórax=3; elevação da cúpula diafragmática =1, piora de choque hemodinâmico =2; broncoaspiração = 1; empiema =2; pós operatório de cirurgia de tórax = 1; hemorragia alveolar =1; hipoxemia crônica =2, doença intersticial =1 e tuberculose =1.

A tabela abaixo mostra um quadro mais detalhado dos pacientes no momento da realização da ultrassonografia, considerando sedação, uso de droga vasoativa e relação PaO₂/FiO₂, sendo essa calculada de acordo com a gasometria anterior a realização da ultrassonografia e só encontrando-se disponível para 70 pacientes da amostra.

Tabela 3 - Característica dos pacientes no momento da ultrassonografia

Característica		n	%
Uso de droga vasoativa	Ausente	59	57,80%
	Presente	43	42,20%
Uso de sedação	Ausente	68	66,70%
	Presente	34	33,30%
Uso de bloqueador neuromuscular	Ausente	96	94,10%
	Presente	6	5,90%
Uso de ventilação mecânica	Não	43	42,20%
	Sim	59	57,80%
Relação P/F	<100	10	9,80%
	100-200	18	17,60%
	200-300	21	20,50%
	>300	21	20,50%

Detalhamento semelhante foi feito para os pacientes no momento da tomografia. As gasometrias para esse momento foram coletadas sempre após a ultrassonografia, sendo utilizada para o cálculo da relação $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ a de horário mais próximo a tomografia, desde que num período de até 24 horas após, e só encontrando-se disponível para 40 pacientes da amostra. Além disso foi adicionado a proporção do uso ou não de contraste na tomografia.

Tabela 4 - Característica dos pacientes no momento da tomografia

Característica		n	%
Uso de droga vasoativa	Ausente	76	74,50
	Presente	26	25,50
Uso de sedação	Ausente	79	77,50
	Presente	23	22,50
Uso de bloqueador neuromuscular	Ausente	97	95,10
	Presente	5	4,90
Uso de ventilação mecânica	Não	57	55,90
	Sim	45	44,10
	<100	4	3,90
	100-200	9	8,80
Relação PaO ₂ /FiO ₂	200-300	16	15,60
	>300	11	10,70
	Não	73	71,60
Contraste	Sim	29	28,40

PaO₂/FiO₂: Relação pressão parcial de oxigênio arterial com a fração inspirada de oxigênio

Entre a realização da ultrassonografia e da tomografia, 8 pacientes foram intubados e 22 extubados.

5.2. Concordância entre as terapias propostas

Após a realização da ultrassonografia, essa foi a proporção de condutas sugeridas nos 102 casos.

Tabela 5 - Intervenções sugerida pela ultrassonografia

Intervenções	n	%
Antibioticoterapia	26	25,50
Aumento da pressão expiratória final positiva (PEEP)	3	2,90
Recrutamento alveolar	0	0,00
Balanço hídrico negativo	21	20,60
Drenagem pleural unilateral	2	2,00
Drenagem pleural bilateral	0	0,00
Solicitação de exame adicional	9	8,80
Outra intervenção não citada	9	8,80
Ajuste ventilatório	1	1,00
Nenhuma conduta nova a ser adotada	31	30,40

As condutas definidas após a tomografia estão demonstradas na tabela abaixo:

Tabela 6 - Condutas decididas após a tomografia

Condutas	n	%
Antibioticoterapia	26	25,50
aumento da pressão expiratória final positiva (PEEP)	4	3,90
Recrutamento alveolar	0	0,00
Balanço hídrico negativo	22	21,60
Drenagem pleural unilateral	3	2,90
Drenagem pleural bilateral	0	0,00
Solicitação de exame adicional	6	5,90
Outra intervenção não citada	13	12,70
Ajuste ventilatório	0	0,00
Nenhuma conduta nova a ser adotada	28	27,50

Comparando a concordância entre a terapia sugerida pela ultrassonografia com a conduta realizada após a tomografia, temos o seguinte resultado.

Tabela 7 - Concordância entre as terapias propostas

Concordância	n	%
Não	17	16,70%
Sim	85	83,30%
Total	102	100,00%

A proporção de concordância foi de 83,3% e com uma confiança de 95% a proporção de concordância entre intervenção do ultrassom e da tomografia é um valor entre [74,3%; 89,7%].

Comparando detalhadamente as intervenções por cada um dos métodos de imagem, chegamos ao quadro abaixo.

Tabela 8 - Comparação detalhada entre as terapias dos dois métodos de imagem.

		Conduta definida pela tomografia										Total
		ATB	Aumento da PEEP	Recrutamento alveolar	BH negativo	DP unilateral	DP bilateral.	Solicitação de exame adicional.	Outra intervenção não citada.	Ajuste ventilatório	Nenhuma conduta nova a ser adotada	
Conduta sugerida pela ultrassonografia	ATB	25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	26
	Aumento da PEEP	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Recrutamento alveolar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BH negativo	0	0	0	19	0	0	0	0	0	2	21
	DP unilateral	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
	DP bilateral.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Solicitação de exame adicional.	0	1	0	1	0	0	4	2	0	1	9
	Outra intervenção não citada.	0	0	0	0	0	0	1	8	0	0	9
	Ajuste ventilatório	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Nenhuma conduta nova a ser adotada	1	0	0	1	2	0	0	2	0	25	31
Total		26	4	0	22	3	0	6	13	0	28	102

ATB: antibioticoterapia; **PEEP:** pressão expiratória positiva final; **BH:** balanço hídrico; **DP:** drenagem pleural

5.3. Diferença de tempo entre as duas intervenções

Tabela 9 - Diferença de tempo entre as duas intervenções.

	Máximo	Média	Mediana	Mínimo	Desvio padrão
Diferença entre solicitação da tomografia e realização da ultrassonografia	1590,00	189,14	117,50	,00	272,14
Tempo gasto em cada exame ultrassonográfico	30,00	10,39	9,00	2,00	5,79
Diferença entre a solicitação da tomografia e realização da tomografia.	8640,00	896,21	417,00	30,00	1386,81

A tabela 9 mostra a diferença de tempo em dois momentos: 1) solicitação da tomografia e realização da ultrassonografia e 2) solicitação da tomografia e realização da tomografia. Além disso, mostra-se o tempo que foi necessário para a realização do exame.

5.4. Concordância entre as imagens obtidas pelos dois métodos

5.4.1. Concordância geral entre as imagens

A concordância geral foi de 50,7% e com uma confiança de 95% a proporção de concordância entre intervenção do ultrassom e da tomografia é um valor entre 47,92% - 53,66%.

Comparando a concordância entre os achados em cada uma das 12 regiões, temos o seguinte resultado:

Tabela 10 - Concordância geral entre as imagens

Regiões	US diferente de TC		US igual a TC		Total	
	N	%	N	%	Total	%
ASD	28	28,60	70	71,40	98	100,00
AID	38	38,40	61	61,60	99	100,00
LSD	44	44,90	54	55,10	98	100,00
LID	57	56,40	44	43,60	101	100,00
PSD	65	65,00	35	35,00	100	100,00
PID	64	63,40	37	36,60	101	100,00
ASE	36	36,40	63	63,60	99	100,00
AIE	50	50,00	50	50,00	100	100,00
LSE	39	39,40	60	60,60	99	100,00
LIE	54	52,90	48	47,10	102	100,00
PSE	57	57,00	43	43,00	100	100,00
PIE	58	56,90	44	43,10	102	100,00

ASD: Ântero-superior direita; **AID:** Ântero-inferior direita; **LSD:** Latero-superior direita; **LID:** Latero-inferior direita; **PSD:** Postero-superior direita; **PID:** Postero-inferior direita; **ASE:** Ântero-superior esquerda; **AIE:** Ântero-inferior esquerda; **LSE:** Látero-superior esquerda; **LIE:** Látero-inferior esquerda; **PSE:** Postero-superior esquerda; **PIE:** Postero-inferior esquerda; **US** ultrassom; **TC:** tomografia de tórax.

5.4.2. Concordância entre as imagens na região ântero-superior direita

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 71,4% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 61,3% - 79,9%.

Tabela 11 - Concordância entre as imagens na região ântero-superior direita.

		ASD TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
ASD US	Pulmão normal	56	1	4	2	3	2	0	68
	Derrame pleural	1	1	0	0	0	0	0	2
	Síndrome intersticial	7	0	10	1	2	0	1	21
	Consolidação pulmonar	0	0	0	0	2	0	0	2
	Síndrome alveolar	0	0	2	0	1	0	0	3
	Pneumotórax	0	0	0	0	0	2	0	2
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		64	2	16	3	8	4	1	98

ASD: Ântero-superior direita, US: ultrassom; TC: tomografia de tórax; PTX:pneumotórax

5.4.3. Concordância entre as imagens na região ântero-inferior direita

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 61,6% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 51,3% - 71,1%.

Tabela 12 - Concordância entre as imagens na região ântero-inferior direita

		AID TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
AID US	Pulmão normal	48	0	3	3	4	1	0	59
	Derrame pleural	1	1	0	0	0	0	0	2
	Síndrome intersticial	14	0	10	0	2	1	1	28
	Consolidação pulmonar	1	0	0	0	2	0	0	3
	Síndrome alveolar	1	0	3	1	0	0	0	5
	Pneumotórax	0	0	0	0	0	2	0	2
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	65	1	16	4	8	4	1	99

AID: Ântero-inferior direita, **US:** ultrassom; **TC:** tomografia de tórax; **PTX:** pneumotórax

5.4.4. Concordância entre as imagens na região latero-superior direita

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 55,1% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 44,7% - 65,1%.

Tabela 13 - Concordância entre as imagens na região latero-superior direita

		LSD TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
LSD US	Pulmão normal	39	2	2	1	6	1	0	51
	Derrame pleural	3	2	1	1	0	0	0	7
	Síndrome intersticial	6	1	7	4	4	0	1	23
	Consolidação pulmonar	0	0	0	2	2	0	0	4
	Síndrome alveolar	4	0	4	0	2	0	0	10
	Pneumotórax	0	0	0	0	0	1	0	1
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	1	1
Total		52	5	14	8	14	2	2	97

LSD: Látero-superior direita, **US:** ultrassom; **TC:** tomografia de tórax; **PTX:** pneumotórax

5.4.5. Concordância entre as imagens na região látero-inferior direita

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 43,6% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 33,8% - 53,8%.

Tabela 14 - Concordância entre as imagens na região latero-inferior direita.

		LID TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
LID US	Pulmão normal	28	2	1	1	2	1	0	35
	Derrame pleural	1	2	1	0	0	0	2	6
	Síndrome intersticial	11	0	8	3	5	0	1	28
	Consolidação pulmonar	12	1	4	3	2	0	0	22
	Síndrome alveolar	2	0	4	1	2	0	0	9
	Pneumotórax	0	0	0	0	0	1	0	1
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		54	5	18	8	11	2	3	101

LID: Latero-inferior direita, US: ultrassom; TC: tomografia de tórax; PTX: pneumotórax

5.4.6. Concordância entre as imagens na região postero-superior direita

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 35% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 25,9% - 45,3%.

Tabela 15 - Concordância entre as imagens na região postero-superior direita.

		PSD TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
PSD US	Pulmão normal	20	13	4	6	0	0	0	43
	Derrame pleural	0	4	0	2	0	0	0	6
	Síndrome intersticial	9	7	2	4	0	0	1	23
	Consolidação pulmonar	2	7	2	6	1	0	0	18
	Síndrome alveolar	0	2	3	2	3	0	0	10
	Pneumotórax	0	0	0	0	0	0	0	0
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		31	33	11	20	4	0	1	100

PSD: Postero-superior direita, US: ultrassom; TC: tomografia de tórax; PTX: pneumotórax

5.4.7. Concordância entre as imagens na região postero-inferior direita

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 36,6% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 27,4% - 46,9%.

Tabela 16 - Concordância entre as imagens na região postero-inferior direita.

		PID TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
PID US	Pulmão normal	2	4	3	5	1	0	0	15
	Derrame pleural	0	9	0	2	0	0	0	11
	Síndrome intersticial	1	10	5	8	0	0	1	25
	Consolidação pulmonar	1	14	4	19	1	0	0	39
	Síndrome alveolar	0	2	3	3	2	0	0	10
	Pneumotórax	0	0	0	0	0	0	0	0
	Imagem não detalhada acima	0	1	0	0	0	0	0	1
Total		4	40	15	37	4	0	1	101

PID: Postero-inferior direita, **US:** ultrassom; **TC:** tomografia de tórax; **PTX:** pneumotórax

5.4.8. Concordância entre as imagens na região ântero-superior esquerda

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 63,6% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 53,3% - 72,9%.

Tabela 17 - Concordância entre as imagens na região ântero-superior esquerda.

		ASE TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
ASE US	Pulmão normal	50	0	6	0	5	1	0	62
	Derrame pleural	1	0	1	0	1	0	0	3
	Síndrome intersticial	13	0	8	0	3	1	1	26
	Consolidação pulmonar	0	0	0	1	1	0	0	2
	Síndrome alveolar	0	0	1	0	1	0	0	2
	Pneumotórax	1	0	0	0	0	3	0	4
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		65	0	16	1	11	5	1	99

ASE: Ântero-superior esquerda, **US:** ultrassom; **TC:** tomografia de tórax; **PTX:** pneumotórax

5.4.9. Concordância entre as imagens na região ântero-inferior esquerda

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 50% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 40,4% - 59,6%.

Tabela 18 - Concordância entre as imagens na região ântero-inferior esquerda

		AIE TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
AIE US	Pulmão normal	40	0	4	0	4	4	1	53
	Derrame pleural	3	0	0	0	0	0	0	3
	Síndrome intersticial	19	0	8	1	3	1	1	33
	Consolidação pulmonar	1	0	1	0	1	0	0	3
	Síndrome alveolar	2	0	2	0	1	0	0	5
	Pneumotórax	1	0	0	0	1	1	0	3
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		66	0	15	1	10	6	2	100

AIE: Ântero-inferior esquerda, **US:** ultrassom; **TC:** tomografia de tórax; **PTX:** pneumotórax

5.4.10. Concordância entre as imagens na região látero-superior esquerda

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 60,6% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 50,3% - 70,1%.

Tabela 19 - Concordância entre as imagens na região latero-superior esquerda

		LSE TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
LSE US	Pulmão normal	44	1	5	2	4	0	0	56
	Derrame pleural	1	0	1	0	0	0	0	2
	Síndrome intersticial	10	1	8	0	5	0	1	25
	Consolidação pulmonar	3	0	1	2	1	0	0	7
	Síndrome alveolar	1	0	2	0	3	0	0	6
	Pneumotórax	0	0	0	0	0	3	0	3
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	59	2	17	4	13	3	1	99

LSE: Látero-superior esquerda, **US:** ultrassom; **TC:** tomografia de tórax; **PTX:** pneumotórax

5.4.11. Concordância entre as imagens na região látero-inferior esquerda

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 47,1% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 37,2% - 57,2%.

Tabela 20 - Concordância entre as imagens na região látero-inferior esquerda.

		LIE TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
LIE US	Pulmão normal	28	1	4	3	1	0	0	37
	Derrame pleural	1	2	1	2	0	0	0	6
	Síndrome intersticial	12	0	7	2	4	0	1	26
	Consolidação pulmonar	8	1	5	6	3	0	0	23
	Síndrome alveolar	0	1	1	1	4	1	0	8
	Pneumotórax	0	0	0	1	0	1	0	2
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	49	5	18	15	12	2	1	102

LIE: Látero-inferior esquerda, US: ultrassom; TC: tomografia de tórax; PTX: pneumotórax

5.4.12. Concordância entre as imagens na região postero-superior esquerda

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 43% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 33,3% - 53,3%.

Tabela 21 - Concordância entre as imagens na região postero-superior esquerda.

		PSE TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
PSE US	Pulmão normal	20	15	5	6	0	0	0	46
	Derrame pleural	0	10	0	0	0	0	0	10
	Síndrome intersticial	4	6	5	4	1	0	1	21
	Consolidação pulmonar	1	3	0	6	1	0	0	11
	Síndrome alveolar	3	1	2	3	2	0	0	11
	Pneumotórax	0	0	0	1	0	0	0	1
	Imagem não detalhada acima	0	0	0	0	0	0	0	0
	Total	28	35	12	20	4	0	1	100

PSE: Postero-superior esquerda, **US:** ultrassom; **TC:** tomografia de tórax; **PTX:** pneumotórax

5.4.13 Concordância entre as imagens na região postero-inferior esquerda

A proporção de concordância entre os dois métodos foi de 43,1% e com um intervalo de confiança de 95% a proporção de concordância é um valor entre 33,5% - 53,3%.

Tabela 22 - Concordância entre as imagens na região postero-inferior esquerda.

		PIE TC							Total
		Pulmão normal	Derrame pleural	Síndrome intersticial	Consolidação pulmonar	Síndrome alveolar	PTX	Imagem não detalhada acima	
PIE US	Pulmão normal	4	4	5	8	0	0	0	21
	Derrame pleural	0	15	0	1	0	0	0	16
	Síndrome intersticial	0	7	5	5	1	0	1	19
	Consolidação pulmonar	0	14	2	19	1	0	0	36
	Síndrome alveolar	0	2	1	4	1	0	0	8
	Pneumotórax	0	0	0	1	0	0	0	1
	Imagem não detalhada acima	0	1	0	0	0	0	0	1
	Total	4	43	13	38	3	0	1	102

PIE: Postero-inferior esquerda, **US**: ultrassom; **TC**: tomografia de tórax; **PTX**: pneumotórax

5.5. Diferença nas intercorrências ocorridas realização dos dois exames

Entre os 204 exames (102 da ultrassonografia e 102 da tomografia) houve 4 intercorrências, representando 1,96% desse ocorrido, sendo 3 na realização da tomografia e 1 na realização da ultrassonografia.

5.6. Comparação entre o escore ultrassonográfico de aeração e seu equivalente tomográfico

LUS: Escore de aeração pulmonar por ultrassonografia: **LTS:** Escore de aeração pulmonar tomográfico.

Figura 11. Índice de Pearson.

LUS: escore de aeração ultrassonográfico; **LTS:** escore de aeração tomográfico.

Figura 12 - Teste de *Bland-Altman* entre escore aeração ultrassonográfico e tomográfico.

DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

O ponto forte desse trabalho foi ser o primeiro trabalho de ultrassonografia pulmonar no ambiente de terapia intensiva que compara as intervenções entre esse exame e a tomografia computadorizada de tórax, mostrando uma forte concordância entre as duas condutas, com um valor de 83,3% (IC 95% 72,9% - 96,4%). Tal concordância é melhor quando se observa os subgrupos onde a tomografia decidiu pelo início de antibioticoterapia e por balanço hídrico negativo.

No grupo onde foi definido pelo início ou troca de antibioticoterapia, a concordância entre as condutas foi de 96%, sugerindo ser um excelente exame para o diagnóstico e tomada de conduta no paciente crítico com infecção respiratória. Nossos dados corroboram com os resultados de meta-análise que avaliou 543 pacientes ⁴³ provenientes de 10 estudos e que apresentou sensibilidade de 95% e especificidade de 94%, superiores aos obtidos pela radiografia de tórax à beira leito, exame esse que mostrou uma baixa sensibilidade de 49% com especificidade de 92%. Sendo assim, na suspeita de infecção respiratória em paciente crítico, recomendamos a realização da ultrassonografia pulmonar com o achado de consolidação como método de imagem de escolha, por ser de fácil realização, sem radiação e com custo menor, tendo a vantagem da possibilidade do exame seriado para avaliação de cada caso. Além do diagnóstico, a ultrassonografia permite avaliação da resposta terapêutica, sendo mais custo-efetiva que a tomografia.

Para melhora da acurácia no diagnóstico de consolidação de etiologia infecciosa, estudos atuais sugerem que podemos aprimorar o diagnóstico com a realização do *doppler*, onde a consolidação mostra uma aparência típica de circulação ramificada uniformemente e com vasos com trajeto regular ²¹. A presença de broncograma aéreo também sugere fortemente pneumonia ²⁰.

No subgrupo de insuficiência respiratória, o índice de concordância geral foi de 81,8% das condutas sugeridas pela ultrassonografia e realizadas após os resultados da tomografia. As condutas de insuficiência respiratória após a tomografia computadorizada de tórax consistiram em ordem decrescente: 1) balanço hídrico negativo (11 de 33 casos), 2) nenhuma conduta adicional (10 de 33 casos), 3) antibioticoterapia (7 de 33 casos), 4) outra intervenção não citada (4 de 33 casos), 5) aumento da PEEP (1 de 33 casos). Na nossa amostra houve uma grande quantidade de casos em que sobrecarga volêmica levou a insuficiência respiratória. Além disso, a grande quantidade de vezes que foi decidido por nenhuma conduta adicional, mostra que muitas vezes a tomografia solicitada não agrega nenhuma terapêutica adicional à já estabelecida.

Pelo fato de que o balanço hídrico negativo foi a conduta sugerida na maior parte dos nossos casos de insuficiência respiratória, e pela concordância dessa conduta ser de 86,3%, na comparação dos dois métodos de imagem do nosso estudo, sugerimos que o ultrassom pulmonar à beira leito para a quantificação de linhas B seja utilizado sequencialmente para monitorização de balanço hídrico em pacientes com insuficiência respiratória, situação que pensamos ser possível extrapolar para pacientes em hemodiálise ¹⁵.

A sugestão acima é fundamentado também em estudo recente onde se avaliou o número de linhas B e a água extravascular pulmonar mensurada pelo PiCCO (*pulse indicator continuous cardiac output*), e que mostrou em 75 pacientes em uso de hemodiálise contínua, a correlação de balanço hídrico negativo em 24 horas com diminuição da água extravascular pulmonar, diminuição de linhas B na ultrassonografia pulmonar, aumento do nível de oxigenação e queda dos valores de BNP em pacientes com múltiplas disfunções orgânicas ¹². Tal achado já tinha sido descrito por Agricola *et al.* ¹⁴ em 2005, quando correlacionou ultrassonografia pulmonar com a mensuração da água extravascular pulmonar, também com o PiCCO, em 20 pacientes após cirurgia cardíaca com $r=0,42$.

No subgrupo derrame pleural, a concordância foi de 66,6% nos 6 casos avaliados, ocorrendo uma discordância numa indicação de manutenção de conduta pela ultrassonografia, não corroborada pela tomografia que após o exame indicou a realização de drenagem pleural unilateral, e em outro caso, onde a ultrassonografia sugeriu drenagem e após a tomografia foi decidido a realização de outro exame. Apesar dos nossos resultados, onde comparamos a conduta perante o derrame pleural, a ultrassonografia pulmonar é método eficaz no diagnóstico do derrame pleural e ⁴¹, em especial importante para a orientação de punção diagnóstica e/ou esvaziadora nos pacientes com insuficiência respiratória e principalmente em pacientes em ventilação mecânica com pressão positiva. Pacientes com drenagem pleural guiada por ultrassonografia tem menor incidência de pneumotórax, maior sucesso na drenagem e na quantidade de volume drenado ²⁴.

Nosso resultado de baixa concordância em relação às condutas após a detecção do derrame pleural pela tomografia pode ser explicado por alguns fatores:

1) Diferença no posicionamento do paciente no momento do exame, principalmente na tomografia onde o paciente fica em decúbito zero e pelo aspecto gravitacional da formação dessa imagem;

2) Problemas na captação da imagem pelo médico examinador, conforme pode ser visto na tabela 14. Isso pode ser decorrente de que em nosso estudo não mobilizamos os pacientes em decúbitos laterais, devido ao fato de ser um examinador único e a incapacidade de mudança de decúbito e realização da imagem ao mesmo tempo.

3) Possíveis diferenças de volume do líquido pleural para cada paciente, assim como diferentes etiologias possíveis desse exame, indo de sobrecarga volêmica, insuficiência cardíaca e/ou derrame pleural associado a infecção de parênquima pulmonar.

4) A decisão sobre drenagem ou não, pode ser individualizada de acordo com o impacto causado na troca gasosa.

Além dos fatores apontados acima, nosso N = 6 pacientes nesse subgrupo não permite uma conclusão robusta sobre os nossos achados.

No subgrupo TEP, não se esperava que a ultrassonografia pulmonar como método isolado indicasse anticoagulação, mas se mostrou eficaz quando não conseguiu identificar lesão no parênquima pulmonar em três dos casos,

sugerindo exame de imagem adicional, sendo todas elas a angiotomografia protocolo para tromboembolismo pulmonar (TEP). Comparando nossos resultados com a literatura, podemos sugerir que na suspeita desse diagnóstico, o exame ultrassonográfico possa ser complementado com o *doppler* de membros inferiores, como sugerido pelo *Blue Protocol* ⁴, o qual dessa forma apresentou sensibilidade de 81% e especificidade de 99%. Sugerimos também a realização de ecocardiografia *doppler* com medidas de pressão de artéria pulmonar e d-dímero, porém ambos precisam ser testados em estudos clínicos prospectivos comparando com a angiotomografia protocolo TEP.

No subgrupo Outros, nos deparamos com algumas patologias pulmonares com padrões ultrassonográficos ainda não descritos. Porém a suspeita clínica prévia, associada a uma extrapolação dos padrões de imagens clássicos, permitiu uma alta concordância entre as intervenções.

Vale a pena ressaltar a variabilidade de possíveis condutas diante de diagnósticos respiratórios nas diferentes unidades de terapia intensiva. O fato do nosso estudo ter um protocolo pré-estabelecido de condutas diminuiu esta variabilidade. Ressaltamos que as equipes, tanto as que executaram o estudo, assim como a do *staff* local, eram diferentes e que formações diferentes podem levar a condutas divergentes perante os mesmos casos. Além disso, por se tratar de hospital universitário existe a possibilidade de que avanços tecnológicos, inúmeros novos trabalhos sendo realizados e publicados, e outros protocolos concomitantes e mesmo mudanças de cenários, possam ter interferido nas condutas decididas.

Outro ponto forte deste estudo foi ter mostrado a celeridade com que a ultrassonografia é realizada quando comparada com tomografia de tórax. Com uma mediana de 117 minutos para o início do exame e uma mediana de 9 minutos para sua realização, o tempo entre solicitação, captação de imagem e conduta é pouco maior que 2 horas; a realização da tomografia apresentou uma mediana de 417 minutos para seu início. Além disso a tomografia computadorizada de tórax precisa ser analisada por um médico especificamente treinado e que muitas vezes não se encontra disponível no momento da realização do exame. O tempo para a liberação do laudo da tomografia não foi computado nesse trabalho.

O tempo de realização da ultrassonografia pulmonar pelo médico não-intensivista é equivalente com a literatura sobre o tema ⁴⁴.

Sobre as intercorrências ocorridas na realização de exame, a diferença foi de 1 na realização na ultrassonografia pulmonar para 3 na realização da tomografia pulmonar com somente 1,96% de casos. Apesar da diferença entre os dados, ambos são menores do que os encontrados na literatura ^{28, 45} e sua baixa incidência não nos permitiu uma melhor análise sobre etiologia ou saber se existe uma diferença estatística entre os dois métodos. Entretanto, a não mobilização do paciente pode ter contribuído para o baixo número de intercorrências durante a realização da ultrassonografia.

Na concordância tangente aos exames de imagem com fim diagnóstico para as possíveis síndromes respiratórias, observamos uma concordância geral de 50,7% entre os dois métodos de imagem. Essa moderada

concordância pode ser devida a classificação diagnóstica dos dois métodos empregados, interpretação dos achados da imagem e dificuldade do diagnóstico pulmonar no paciente respiratório crítico (associação de infecção com inflamação e/ou sobrecarga volêmica, menor possibilidade de colaboração do paciente para o exame, dificuldades para a mudança de decúbito, presença de dispositivos fixados a pele, tais como eletrocardiógrafo e curativos). Soma-se a isso que diferente dos atuais estudos encontrados na literatura, não focamos em somente um perfil de pacientes (por exemplo: insuficiência respiratória aguda em pacientes intubados) e nem em um delta máximo entre a ultrassonografia e a tomografia, sendo o nosso estudo um retrato real da diversidade encontrada dentro de uma unidade de terapia intensiva.

Comparando o alto grau de concordância entre as condutas se opondo a moderada concordância entre os diagnósticos sindrômicos dos exames de imagem, podemos supor que não sejam necessários 12 locais de aquisição de imagens para melhor determinar condutas, abordagem que já foi vista no *Blue Protocol* ⁴ onde são realizados somente 6 imagens em pontos pré-especificados.

Na tentativa de um melhor entendimento dessa moderada concordância entre os diagnósticos sindrômicos, elaboramos um estudo detalhado de concordância entre as 12 regiões estudadas na ultrassonografia com as respectivas regiões correspondentes na tomografia do tórax. A análise mostrou que as melhores concordâncias foram nas regiões anteriores à direita (ântero-superior direita = 71,40% e ântero-inferior direita = 61,6%) e as piores nas regiões posteriores direitas (postero-superior direita = 35% e postero-inferior

direita = 36,6%). Tal resultado pode ser atribuído a não mobilização do paciente e a dificuldade de acesso à região posterior sem essa mudança de posicionamento do paciente.

Finalmente, como já citado anteriormente, a colocação de todos os pacientes, com um critério de inclusão sendo somente a solicitação da tomografia, permitiu com que nos deparássemos com 19 imagens tomográficas sem paralelo ultrassonográfico, sendo entre elas, seguida da quantidade de tais achados: enfisema pulmonar = 7, abscesso pulmonar = 6, cavitação pulmonar = 3, hidropneumotórax = 2, cistos pulmonares = 1. Esses diagnósticos tomográficos ainda não especificados na ultrassonografia, necessitam de estudos prospectivos para uma melhor caracterização de seu padrão ultrassonográfico.

Sobre a comparação do escore ultrassonográfico de aeração com a proposição de um paralelo tomográfico, encontramos uma correlação moderada pelo índice de *Pearson* e uma boa correlação estatística pelo teste de *Bland-Altman*, porém, a amplitude dos valores encontrados entre os dois escores, não nos permitem afirmações sobre o uso clínico do escore tomográfico. Esse resultado segue a tendência da concordância de imagens que não se mostrou parecidos com os da literatura. As maiores limitações para esse resultado, acreditamos que tenha sido pelos 30 pacientes que mudaram a forma ventilatória entre os dois exames e pela não mobilização dos pacientes para o decúbito lateral, o que permitiria uma melhor análise da região posterior pela ultrassonografia e, conseqüentemente, uma melhor concordância com a

tomografia. Por isso, sugerimos novos estudos que permitam avaliar um escore de aeração tomográfica.

CONCLUSÃO

7. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que a ultrassonografia pulmonar é um método confiável para guiar intervenções em pacientes críticos, principalmente nos subgrupos de investigação infecciosa e insuficiência respiratória aguda. Apesar da alta concordância no grupo Outros, devido às múltiplas causas, não podemos afirmar o papel da ultrassonografia em cada patologia componente desse grupo.

A concordância das síndromes imaginológicas mostrou-se moderada, diferente da concordância superior a 80% das intervenções, o que nos permite inferir que 12 áreas de realização pode ser uma quantidade acima do necessário para a tomada de decisões.

Além disso, a ultrassonografia pulmonar mostrou-se mais vantajosa que a tomografia computadorizada de tórax por ser feita de forma mais rápida que essa última.

Sobre o quesito da criação de um *score* de aeração pulmonar tomográfico baseado em um *score* de aeração pulmonar ultrassonográfico já previamente descrito, mostrou-se com uma correlação estatisticamente significativa, porém não foi testado clinicamente o seu impacto.

ANEXOS

8. ANEXOS

Anexo A

ANÁLISE COMPARATIVA DA ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR VERSUS TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE TÓRAX PARA AVALIAÇÃO PULMONAR EM PACIENTES CRÍTICOS

Folha Ultrassonografia

Cole etiqueta

Data: ____/____/____ Hora da solicitação da tomografia ____:____

Hora da realização da ultrassonografia: ____:____

Tempo de realização de exame: _____

Motivo da solicitação da
tomografia: _____

SOFA : _____ SAPS III: _____

Motivo da Internação : _____

Droga vasoativa/dose: _____ Sedativo/dose: _____

Bloqueador neuromuscular: ()S ()N

Intercorrência durante o exame: ()S ()N Qual: _____

PESO: _____ ALTURA: _____ GLASGOW: _____

FC: _____ PA: _____

Parâmetros ventilatóriosVE ☐ (AA ☐ OXIGENIOTERAPIA ☐ VNI ☐ VMI ☐

MODO : _____ VC: _____ PEEP: _____ FI : _____ FR : _____

Gasometria arterial(mais recente):

PH: _____ PO2: _____ PCO2: _____ HCO3: _____ BE: _____ FIO2:
_____ P/F: _____

Direito

Esquerdo

Achados de imagem - US

- 1) Pulmão normal
- 2) Derrame pleural
- 3) Síndrome intersticial
- 4) Consolidação pulmonar
- 5) Síndrome alveolar
- 6) Pneumotórax
- 7) Imagem não detalhada acima. Descreva:

Folha Ultrassonografia

Intervenção proposta após ultrassonografia:

- ☐ Antibioticoterapia
- ☐ Aumento da pressão expiratória final positiva (PEEP)
- ☐ Recrutamento alveolar
- ☐ Balanço hídrico negativo
- ☐ Drenagem pleural unilateral
- ☐ Drenagem pleural bilateral. Especifique _____
- ☐ Solicitação de exame adicional. Especifique _____
- ☐ Outra intervenção não citada. Especifique _____
- ☐ Ajuste ventilatório
- ☐ Nenhuma conduta nova a ser adotada

**ANÁLISE COMPARATIVA DA ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR VERSUS
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE TÓRAX PARA AVALIAÇÃO
PULMONAR EM PACIENTES CRÍTICOS**

Folha Tomografia

Data: __/__/__

Hora da realização da tomografia__:__

Tomografia com contraste: ()S ()N

Radiação:_____

Droga vasoativa/dose:_____

Sedativo/dose:_____

Bloqueador neuromuscular: ()S ()N

Intercorrência durante o exame: ()S ()N Qual: _____

GLASGOW:_____ FC:_____ PA:_____

Parâmetros ventilatórios

VE ☐ (AA ☐ OXIGENIOTERAPIA ☐ VNI ☐ VMI ☐

MODO :_____ VC:_____ PEEP: _____ FI : _____ FR : _____

Gasometria arterial (mais recente):

PH: _____ PO2: _____ PCO2: _____ HCO3: _____ BE: _____

FiO2: _____ P/F: _____

Achados de imagem - tomografia

- 1) Pulmão normal
- 2) Derrame pleural
- 3) Síndrome intersticial (opacidades reticulares+vidro fosco periféricas/espessamento septal)
- 4) Consolidação pulmonar
- 5) Síndrome alveolar (opacidade em vidro fosco)
- 6) Pneumotórax
- 7) Imagem não detalhada acima. Descreva:

Intervenção proposta após tomografia:

- () Antibioticoterapia
- () Aumento da pressão expiratória final positiva (PEEP)
- () Recrutamento alveolar
- () Balanço hídrico negativo
- () Drenagem pleural unilateral
- () Drenagem pleural bilateral. Especifique _____
- () Solicitação de exame adicional. Especifique _____
- () Outra intervenção não citada. Especifique _____
- () Ajuste ventilatório
- () Nenhuma conduta nova a ser adotada

Anexo B

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

ESTUDO DE ANÁLISE COMPARATIVA DA ULTRASSONOGRAFIA PULMONAR VERSUS TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE TÓRAX PARA AVALIAÇÃO PULMONAR EM PACIENTES CRÍTICOS

Informações aos Participantes

Como representante legal do Sr(a) _____, estamos solicitando sua autorização para participação dele(a) em um estudo para comparar as mudanças na terapia guiadas por ultrassonografia de pulmão e pela tomografia de tórax.

A participação nesse estudo é totalmente voluntária. Seu familiar (paciente) não tem que obrigatoriamente fazer parte dele. Se aceitar participar, o consentimento poderá ser retirado pelo senhor(a) ou pelo(a) paciente em qualquer momento por qualquer motivo, sem que esta decisão cause qualquer prejuízo no tratamento.

Por que este estudo está sendo feito?

Nem todos os pacientes tem a possibilidade de serem transferidos para a sala da tomografia, e esse estudo avaliará a ultrassonografia como opção para esse exame. Além disso, por ser um exame mais barato e por ser feito a beira do leito, a USG permitiria uma melhor racionalização de recursos financeiros e humanos.

Qual é o objetivo desse estudo?

O objetivo desse estudo é saber o quão igual são as intervenções guiadas por cada tipo de imagem (ultrassonografia de pulmão e tomografia de tórax).

Quais são os procedimentos realizados no estudo?

A participação na pesquisa é voluntária. Se consentir que o(a) paciente participe desse estudo, ele(a) terá uma ultrassonografia do pulmão realizada pela equipe da UTI. Em nenhum momento ele precisará ser transportado do leito para a realização da ultrassonografia e nem deixará de realizar a tomografia por causa disso. O exame servirá unicamente para que seja avaliada a imagem, gravada, sugerida uma intervenção e depois esses dados serão comparados com o que será visto e sugerido após a realização da tomografia.

Quais são os possíveis benefícios do estudo?

Nem todos os hospitais possuem a tomografia. Além disso, a tomografia é mais cara, precisa que seu familiar (paciente) saia da unidade de terapia intensiva para a sala onde está o tomógrafo, transporte que não é isento de riscos, e o (a) expõe à radiação para que seja feita a imagem do pulmão. A

ultrassonografia é mais barata, é feita à beira do leito (sem necessidade de transporte) e não tem radiação.

Quais são os possíveis riscos do estudo?

Poderá haver algum incômodo ou dor a depender de onde está sendo colocado o dispositivo que faz as imagens na ultrassonografia, chamado de *probe*, principalmente quando colocado na região das costas. Não haverá nenhuma intervenção a ser realizada baseada somente na ultrassonografia.

Existe algum custo e reembolso?

Não. A participação no estudo não envolve nenhum custo para o(a) senhor(a), o(a) paciente ou convênio de saúde. Dessa forma não há reembolso ou qualquer tipo de recompensa financeira.

E se eu não quiser participar do estudo, há outra opção?

O(A) senhor(a) pode livremente escolher se consente ou não a participação do(a) paciente no estudo. Se não quiser, todos os cuidados na UTI e durante toda a internação serão oferecidos conforme rotina da instituição.

As informações e os resultados e imagens dos exames serão confidenciais?

Os dados só serão usados para os propósitos do estudo e serão mantidos em confidencialidade.

As imagens obtidas serão gravadas para serem comparadas com as imagens da tomografia. Os resultados do estudo serão divulgados, para fins acadêmicos e científicos, sem a identificação de nenhum paciente participante.

Eu posso desistir de participar do estudo?

Se você decidir pela participação voluntária do(a) paciente no estudo, o senhor(a) poderá retirar o consentimento em qualquer momento, sem que isso traga prejuízos para ele(a). Ressaltamos que todos os cuidados nesta instituição continuarão sendo oferecidos. Da mesma maneira, quando o(a) paciente estiver em condições de se comunicar, ele(a) poderá também retirar seu consentimento caso não concorde com sua participação na pesquisa.

Contato do pesquisador principal: Bruno Melo Nóbrega de Lucena, médico, email: bruno.lucena@einstein.br, telefone: (11) 987708884.

Caso você tenha dificuldade de entrar em contato com o pesquisador principal, entrar em contato com CEP Einstein – Comitê de Ética em Pesquisa – IEP: Avenida Albert Einstein, 627/701 - Morumbi, São Paulo - SP, CEP: 05652-900 Bloco A 2ºSS – Telefone: (11) 2151-3729 ou CEP da Secretaria Municipal de Saúde: Rua General Jardim, 36 – 1º andar, fone: 3397-2464; email: smscep@gmail.com ou então pelo SAC do Hospital Israelita Albert Einstein no telefone: 2151 -1233 ou no email: sac@einstein.br.

Rubrica _____

Rubrica _____

Formulário de Consentimento

Li e compreendi os objetivos do estudo, todos os procedimentos que serão realizados, estou ciente dos possíveis riscos e benefícios e, em caso de qualquer dúvida, poderei entrar em contato com a equipe do estudo. Receberei uma cópia deste documento.

Nome do Participante_____
Assinatura do Participante____/____/_____
Data_____
Nome do Representante Legal_____
Assinatura do Representante Legal____/____/_____
Data_____
Nome do Pesquisador_____
Assinatura do Pesquisador____/____/_____
Data

REFERÊNCIAS

9. REFERÊNCIAS

1. Bhandary R. Chest imaging in the intensive care unit. *Surgery (Oxford)*. 2015;33(10):480-4.
2. Bouhemad B, Zhang M, Lu Q, Rouby JJ. Clinical review: Bedside lung ultrasound in critical care practice. *Crit Care*. 2007;11(1):205.
3. Gardelli G, Feletti F, Nanni A, Mughetti M, Piraccini A, Zompatori M. Chest ultrasonography in the ICU. *Respir Care*. 2012 May;57(5):773-81.
4. Lichtenstein DA, Meziere GA. Relevance of lung ultrasound in the diagnosis of acute respiratory failure: the BLUE protocol. *Chest*. 2008 Jul;134(1):117-25.
5. Newman PG, Rozycki GS. The history of ultrasound. *Surg Clin North Am*. 1998 Apr;78(2):179-95.
6. Francisco MJN, Rahal AJ, Vieira FA, Silva PS, Funari MB. Advances in lung ultrasound. *Einstein (Sao Paulo)*. 2016 Jul-Sep;14(3):443-8.
7. Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med*. 2011 Feb 24;364(8):749-57.
8. Lichtenstein D, Mezière G, Biderman P, Gepner A. L'artefact en queue de comète: un signe échographique pour distinguer oedème aigu pulmonaire cardiogénique et poussée de bronchopathie chronique obstructive. *Réan Urg*. 1997;6(788).
9. Lichtenstein D, Meziere G, Biderman P, Gepner A, Barre O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997 Nov;156(5):1640-6.

10. Lichtenstein DA, Menu Y. A bedside ultrasound sign ruling out pneumothorax in the critically ill. Lung sliding. Chest. 1995 Nov;108(5):1345-8.
11. Soummer A, Perbet S, Brisson H, Arbelot C, Constantin JM, Lu Q, et al. Ultrasound assessment of lung aeration loss during a successful weaning trial predicts postextubation distress*. Crit Care Med. 2012 Jul;40(7):2064-72.
12. Cao G, Wu Y, Zhao Y, Wang L, Zhang Y. Assessment of extravascular lung water by measuring the number of pulmonary ultrasound B-lines before and after CBP in patients with MODS. Medicine. 2021;100(1):e24181.
13. Gigante A, Rossi Fanelli F, Lucci S, Barilaro G, Quarta S, Barbano B, et al. Lung ultrasound in systemic sclerosis: correlation with high-resolution computed tomography, pulmonary function tests and clinical variables of disease. Intern Emerg Med. 2016 Mar;11(2):213-7.
14. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. Chest. 2005 May;127(5):1690-5.
15. Mallamaci F, Benedetto FA, Tripepi R, Rastelli S, Castellino P, Tripepi G, et al. Detection of pulmonary congestion by chest ultrasound in dialysis patients. JACC Cardiovasc Imaging. 2010 Jun;3(6):586-94.
16. Dexheimer Neto FL, Dalcin Pde T, Teixeira C, Beltrami FG. Lung ultrasound in critically ill patients: a new diagnostic tool. J Bras Pneumol. 2012 Mar-Apr;38(2):246-56.
17. Lichtenstein D. FALLS-protocol: lung ultrasound in hemodynamic assessment of shock. Heart Lung Vessel. 2013;5(3):142-7.

18. Shrestha GS, Weeratunga D, Baker K. Point-of-Care Lung Ultrasound in Critically ill Patients. *Rev Recent Clin Trials*. 2018 Jan 31;13(1):15-26.
19. Hew M, Tay TR. The efficacy of bedside chest ultrasound: from accuracy to outcomes. *Eur Respir Rev*. 2016 Sep;25(141):230-46.
20. Lichtenstein D, Meziere G, Seitz J. The dynamic air bronchogram. A lung ultrasound sign of alveolar consolidation ruling out atelectasis. *Chest*. 2009 Jun;135(6):1421-5.
21. Mayo PH, Copetti R, Feller-Kopman D, Mathis G, Maury E, Mongodi S, et al. Thoracic ultrasonography: a narrative review. *Intensive Care Med*. 2019 Sep;45(9):1200-11.
22. Yang P. Color doppler ultrasound of pulmonary consolidation. *European Journal of Ultrasound*. 1996;3(2):169-78.
23. Lipscomb DJ, Flower CD, Hadfield JW. Ultrasound of the pleura: an assessment of its clinical value. *Clin Radiol*. 1981 May;32(3):289-90.
24. Prina E, Torres A, Carvalho CR. Lung ultrasound in the evaluation of pleural effusion. *J Bras Pneumol*. 2014 Jan-Feb;40(1):1-5.
25. Zanforlin A, Giannuzzi R, Nardini S, Testa A, Soldati G, Copetti R, et al. The role of chest ultrasonography in the management of respiratory diseases: document I. *Multidiscip Respir Med*. 2013 Aug 9;8(1):54.
26. Goodman LR. The Beatles, the Nobel Prize, and CT scanning of the chest. *Radiol Clin North Am*. 2010 Jan;48(1):1-7.
27. Aihara AY, Fernandes ARC, Viertler CM, Natour J. Tomografia multi-slice no sistema músculo-esquelético. *Revista Brasileira de Reumatologia*. 2003;43(6):372-6.

28. Beckmann U, Gillies DM, Berenholtz SM, Wu AW, Pronovost P. Incidents relating to the intra-hospital transfer of critically ill patients. An analysis of the reports submitted to the Australian Incident Monitoring Study in Intensive Care. *Intensive Care Med.* 2004 Aug;30(8):1579-85.
29. Voigt LP, Pastores SM, Raoof ND, Thaler HT, Halpern NA. Review of a large clinical series: intrahospital transport of critically ill patients: outcomes, timing, and patterns. *J Intensive Care Med.* 2009 Mar-Apr;24(2):108-15.
30. Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.* 2007 Nov 29;357(22):2277-84.
31. Gargani L, Picano E. The risk of cumulative radiation exposure in chest imaging and the advantage of bedside ultrasound. *Crit Ultrasound J.* 2015;7:4.
32. Oliveira RR, Rodrigues TP, Silva PSD, Gomes AC, Chammas MC. Ultrassonografia pulmonar: uma ferramenta adicional na COVID-19. *Radiol Bras.* 2020;53(4):241-51.
33. Alrajab S, Youssef AM, Akkus NI, Caldito G. Pleural ultrasonography versus chest radiography for the diagnosis of pneumothorax: review of the literature and meta-analysis. *Crit Care.* 2013 Sep 23;17(5):R208.
34. Alrajhi K, Woo MY, Vaillancourt C. Test characteristics of ultrasonography for the detection of pneumothorax: a systematic review and meta-analysis. *Chest.* 2012 Mar;141(3):703-8.
35. 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 Jan;100(1):9-15.

-
36. Chiumello D, Umbrello M, Sferrazza Papa GF, Angileri A, Gurgitano M, Formenti P, et al. Global and Regional Diagnostic Accuracy of Lung Ultrasound Compared to CT in Patients With Acute Respiratory Distress Syndrome. *Crit Care Med*. 2019 Nov;47(11):1599-606.
37. Yousefifard M, Baikpour M, Ghelichkhani P, Asady H, Shahsavari Nia K, Moghadas Jafari A, et al. Screening Performance Characteristic of Ultrasonography and Radiography in Detection of Pleural Effusion; a Meta-Analysis. *Emerg (Tehran)*. 2016 Winter;4(1):1-10.
38. Nazerian P, Volpicelli G, Vanni S, Gigli C, Betti L, Bartolucci M, et al. Accuracy of lung ultrasound for the diagnosis of consolidations when compared to chest computed tomography. *Am J Emerg Med*. 2015 May;33(5):620-5.
39. Amatya Y, Rupp J, Russell FM, Saunders J, Bales B, House DR. Diagnostic use of lung ultrasound compared to chest radiograph for suspected pneumonia in a resource-limited setting. *Int J Emerg Med*. 2018 Mar 12;11(1):8.
40. 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 Feb;48(2):151-7.
41. Brogi E, Gargani L, Bignami E, Barbariol F, Marra A, Forfori F, et al. Thoracic ultrasound for pleural effusion in the intensive care unit: a narrative review from diagnosis to treatment. *Crit Care*. 2017 Dec 28;21(1):325.
42. Zieleskiewicz L, Cornesse A, Hammad E, Haddam M, Brun C, Vigne C, et al. Implementation of lung ultrasound in polyvalent intensive care unit: Impact on irradiation and medical cost. *Anaesth Crit Care Pain Med*. 2015 Feb;34(1):41-4.

-
43. Winkler MH, Touw HR, van de Ven PM, Twisk J, Tuinman PR. Diagnostic Accuracy of Chest Radiograph, and When Concomitantly Studied Lung Ultrasound, in Critically Ill Patients With Respiratory Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Crit Care Med*. 2018 Jul;46(7):e707-e14.
44. Arbelot C, Dexheimer Neto FL, Gao Y, Brisson H, Chunyao W, Lv J, et al. Lung Ultrasound in Emergency and Critically Ill Patients: Number of Supervised Exams to Reach Basic Competence. *Anesthesiology*. 2020 Apr;132(4):899-907.
45. Bourn S, Wijesingha S, Nordmann G. Transfer of the critically ill adult patient. *BJA Educ*. 2018 Mar;18(3):63-8.