

Artigo de Revisão

**Avaliação beira-leito da recrutabilidade alveolar e resposta ao incremento de PEEP em pacientes com síndrome do desconforto respiratório agudo**

***Bedside avaluation of alveolar recruitability and PEEP increase response in Acute Respiratory Distress Syndrome***

Kallynne Santiago Tocantins<sup>1</sup>, Giulliano Gardenghi<sup>2</sup>

**Resumo**

**Introdução:** O uso da pressão expiratória positiva final (PEEP) é amplamente discutido como forma de redução dos impactos do comprometimento alveolar na síndrome do desconforto respiratório aguda (SDRA). Em pacientes com maior capacidade de recrutamento pulmonar, o impacto benéfico da redução da abertura e fechamento alveolar prevalece sobre os efeitos do aumento da tensão alveolar causada pelo aumento da PEEP. Observa-se, portanto, a clara necessidade de métodos e ferramentas que proporcionem, de maneira prática, com menores riscos e maior aplicabilidade, a análise da capacidade de recrutamento pulmonar.

**Objetivos:** Verificar ferramentas alternativas para avaliação beira-leito da recrutabilidade alveolar e resposta ao incremento de PEEP em pulmões com SDRA. **Metodologia:** Revisão sistemática da literatura, com base nos artigos publicados entre 1994 e 2020, nas bases de dados PubMed, Google Acadêmico, MEDLINE e Lilacs, com os termos de busca: recrutabilidade alveolar, síndrome do desconforto respiratório do adulto, pressão positiva expiratória final, recrutamento alveolar, ventilação mecânica. **Resultados/ Considerações finais:** A maior parte das ferramentas, baseadas em mecânica, que afirmaram possibilitar a avaliação da recrutabilidade alveolar, observados no presente estudo, foram posteriormente refutadas em novos estudos que correlacionam o uso da ferramenta com resultados obtidos através da TC. Observou-se, em grande parte desses estudos mais recentes, que os resultados obtidos com base no uso dessas ferramentas estão, geralmente, relacionados somente ao recrutamento volumétrico, ignorando a sobredistensão de áreas já abertas e a manutenção de áreas não recrutadas.

**Descritores:** Síndrome do desconforto respiratório do adulto; Pressão positiva expiratória final; Ventilação Mecânica.

**Abstract**

**Introduction:** The use of positive end-expiratory pressure (PEEP) is widely discussed as a way of reducing the impacts of alveolar involvement in acute respiratory distress syndrome (ARDS). In patients with greater pulmonary recruitment capacity, the beneficial impact of reduced alveolar opening and closing prevails over the effects of increased alveolar tension caused by increased PEEP. Therefore, there is a clear need for methods and tools that provide, with a lower risk and greater applicability, the analysis of pulmonary recruitment capacity.

**Aim:** To verify alternative tools for bedside evaluation of alveolar recruitment and response to PEEP increment in lungs with ARDS. **Methodology:** Systematic literature review, based on articles published between 1994 and 2020, in the PubMed, Google Scholar, MEDLINE and Lilacs databases, with the search terms: alveolar recruitability, adult respiratory distress syndrome, positive end expiratory pressure, alveolar recruitment,

*mechanical ventilation. Results/Final considerations: Most mechanically based tools that claimed to allow the evaluation of alveolar recruitability observed in the present study were later refuted in new studies that correlate the use of the tool with results obtained by CT. It has been observed in most of these more recent studies that the results obtained from the use of these tools are generally related only to volumetric recruitment, ignoring overdistention of already open areas and the maintenance of non-recruited areas.*

**Key words:** *Adult respiratory distress syndrome; Positive end expiratory pressure; Mechanical ventilation.*

1. Fisioterapeuta, pós graduanda em Fisioterapia Cardiopulmonar e Terapia Intensiva pelo CEAFI.
2. Fisioterapeuta, Doutor em Ciências pela FMUSP, Coordenador Científico do Hospital ENCORE/GO, Coordenador Científico da Faculdade CEAFI/GO e Coordenador do Curso de Pós-graduação em Fisioterapia Hospitalar do Hospital e Maternidade São Cristóvão, São Paulo/SP – Brasil.

*Artigo recebido para publicação em 01 de agosto de 2020.*

*Artigo aceito para publicação em 02 de outubro de 2020.*

## Introdução

Devido a sua alta taxa de morbimortalidade direta e indireta, a Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA) é uma condição clínica de amplo estudo e ainda se apresenta como um permanente desafio clínico, apesar dos avanços no seu entendimento fisiopatológico. Estima-se uma mortalidade em torno de 34% a 60% e, a seus sobreviventes, observam-se significativas limitações funcionais, prolongado tempo de internação, com associação a comorbidades e redução da qualidade de vida, que persistem por, pelo menos, um ano após a alta hospitalar<sup>1,2,3,4</sup>.

O uso da pressão positiva, principalmente em forma de Pressão Positiva Expiratória Final (PEEP), é amplamente discutido como forma de redução dos impactos do comprometimento alveolar, bem como melhora da oxigenação e troca alvéolo-capilar nessa situação clínica<sup>5</sup>. Seu uso pode reduzir o *swing* alveolar, estabilizando os alvéolos abertos e tornando possível as estratégias protetoras, como o uso de baixo volume corrente (VC), possibilitando, assim, menores chances de lesão pulmonar por volutrauma e/ou atelectrauma<sup>5,6,7</sup>.

Gattinoni et al. afirmam que os efeitos da PEEP alta dependem estritamente da capacidade de recrutamento pulmonar, que possui bastante variabilidade durante a SDRA<sup>8</sup>. Em pacientes com maior capacidade de recrutamento pulmonar, o impacto benéfico da redução da abertura e fechamento alveolar prevalece sobre os efeitos do aumento da tensão alveolar causada pelo incremento da PEEP<sup>9</sup>.

Apesar da frequente associação entre a gravidade da SDRA e altos valores de PEEP, como nos modelos e protocolos de recrutamento alveolar, estudos recentes têm questionado a eficácia dessa linha de

tratamento quando avaliadas as respostas clínicas e os desfechos esperados, como redução do tempo de ventilação mecânica (VM) e da mortalidade em 28 dias<sup>10,11</sup>. Associada à inconclusiva resolutividade das manobras de recrutamento, questiona-se ainda o custo-benefício do uso da mesma como terapia clínica de rotina, mesmo em quadros de SDRA grave, tendo em vista as repercussões hemodinâmicas e pneumofuncionais<sup>11</sup>.

Um dos fatores que distancia um consenso na indicação ou não de incremento de PEEP (e os limites desse incremento) ou manobras de recrutamento é a dificuldade em determinar quais pacientes realmente se beneficiam dessa abordagem<sup>12,13</sup>. Em grande parte dos contextos atuais, o critério utilizado para a utilização ou não de manobras de recrutamento levam em consideração valores fixos e padrões, como a relação entre a pressão arterial de oxigênio e a fração inspirada de oxigênio (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>), associado a avaliação da estabilidade hemodinâmica, como forma de verificar a tolerância ao procedimento<sup>12</sup>.

É importante ressaltar que essa avaliação não garante resposta satisfatória ao uso da manobra, podendo expor pacientes que não apresentariam boa resposta ao incremento de PEEP ou recrutamento alveolar, aos riscos intrínsecos do procedimento. Como forma de auxiliar nessa triagem, iniciaram-se debates sobre as estratégias e recursos para avaliar a capacidade de recrutamento alveolar de forma individualizada, observando as respostas pulmonares ao incremento da PEEP<sup>14</sup>.

Embora o uso da tomografia computadorizada (TC) como forma de avaliação seja uma das ferramentas mais discutidas e com maior acervo de evidência científica, a mesma possui alguns obstáculos à sua adesão à prática clínica diária, como a exposição dos pacientes aos riscos associados ao transporte e radiação, limitações associadas à instabilidade do paciente para realização do exame, além da indisponibilidade em alguns serviços de terapia intensiva<sup>15,16</sup>.

Observa-se, portanto, a clara necessidade de métodos e ferramentas que proporcionem, de maneira prática, com menores riscos e maior aplicabilidade, a análise da capacidade de recrutamento pulmonar, evitando assim, a exposição de um pulmão com baixa resposta a valores elevados de PEEP ao estresse alveolar e aos efeitos deletérios colaterais, sem possibilidade de resposta positiva que justifique e contrabalanceie seu uso<sup>16,17,18</sup>.

Esta revisão da literatura tem como objetivo verificar ferramentas alternativas para avaliação beira-leito da recrutabilidade alveolar e da resposta ao incremento de PEEP em pulmões com SDRA.

## Metodologia

O estudo consiste em uma revisão sistemática da literatura, onde realizou-se uma pesquisa nas bases de dados PubMed, Google Acadêmico, MEDLINE e Lilacs. Foram selecionados artigos publicados entre os anos de 1994 a 2020, em português ou inglês, utilizando os seguintes termos de busca: recrutabilidade alveolar, síndrome do desconforto respiratório do adulto, pressão positiva expiratória final, recrutamento alveolar, ventilação mecânica.

Dos 46 artigos encontrados, 25 se encaixaram nos critérios de inclusão. Estabeleceu-se como critério o uso de artigos que apresentassem ferramentas para avaliação da recrutabilidade alveolar, com exceção da TC e da tomografia de bioimpedância (quando usadas de forma isolada) tendo em vista a inviabilidade de realização beira leito em grande parte dos serviços, de forma rotineira e protocolar. Também foram excluídos artigos que não apresentavam a forma de utilização da ferramenta na prática clínica, impossibilitando a reprodução e aplicabilidade de seu uso.

Embora o conceito de Lesão Pulmonar Aguda (LPA) conforme a *American-European Consensus Conference on ARDS* de 1994, tenha sido suprimido nas definições de SDRA segundo Berlim, a partir de 2012, os estudos que incluem amostras com LPA foram admitidos nos critérios de inclusão, tendo em vista a semelhança dos critérios de classificação entre LPA e SDRA Leve e o intervalo de pesquisa do presente estudo, que abrange ambas as classificações<sup>19</sup>.

Os estudos foram analisados e classificados de acordo com a recomendação do “*Oxford Centre for Evidence-Based Medicine*”: (A) Revisão sistemática (com homogeneidade) de ensaios clínicos controlados e randomizados. Ensaio clínico controlado e randomizado com intervalo de confiança estreito. Resultado terapêutico do tipo “tudo ou nada”; (B) Revisão sistemática (com homogeneidade) de estudo de coorte. Estudo de coorte (incluindo ensaios clínicos randomizados de menor qualidade). Observação de resultados terapêuticos/ Estudos ecológicos. Revisão sistemática (com homogeneidade) de estudos caso-controle. Estudo caso-controle; (C) Relato de casos (incluindo coorte ou caso-controle de menor qualidade); (D) Opinião de especialista sem avaliação crítica ou baseada em matérias básicas (estudo fisiológico ou estudo com animais)<sup>20</sup>.

## Resultados

Para constar na seção dos resultados, foram selecionados 24 (vinte e quatro) artigos que se enquadraram nos critérios pré-estabelecidos. Em geral, observou-se que a maior parte dos estudos

recentes que avaliaram recrutabilidade alveolar, utilizou como parâmetro de comparação a Tomografia Computadorizada ou de Impedância Elétrica, mesmo quando objetivava encontrar alternativas ao uso da mesma.

Os resultados foram dispostos sistematicamente em forma de tabela. Na tabela a seguir, foram descritos os autores do estudo, o grau de recomendação, a ferramenta exposta e/ou avaliada e os principais achados relacionados especificamente a cada ferramenta abordada. Para facilitar a orientação temporal em torno dos resultados, os artigos foram dispostos em ordem cronológica, sendo possível verificar ao longo do tempo as respectivas refutações as afirmações feitas, quando houver.

**Ferramentas para avaliação da recrutabilidade pulmonar e/ou determinação da PEEP ideal em disposição cronológica de publicação.**

Autor (ano)	Grau de recomendação	Ferramenta	Principais achados correlacionados
<b>Ranieri et al. (1994)</b>	B	Avaliação da curva pressão-volume (P-V) do sistema respiratório com a técnica de oclusão vs fluxo constante.	Os coeficientes não lineares estáticos e dinâmicos no ZEEP foram correlacionados com a quantidade de volume pulmonar recrutado com PEEP; Dois padrões distintos foram observados: (1) em dez pacientes, as curvas P-V estática e dinâmica no ZEEP exibiram uma forma convexa, com uma diminuição progressiva da inclinação com o aumento do volume de inflação (hiperinflação); (2) Em nove pacientes, as curvas de P-V estática e dinâmica no ZEEP mostraram uma forma côncava, com um aumento progressivo da inclinação com o aumento do volume (recrutamento alveolar).
<b>Takala e Valta (1995)</b>	B	Avaliação da pressão de platô (Pplatô) como limitante ao incremento de pressão positiva.	A Pplatô, após uma pausa inspiratória, é o melhor indicador da pressão alveolar e embora seu valor máximo de segurança ainda não esteja definido, as recomendações são de um limite de 30-35 cmH2O.
<b>Ranieri et al. (1995)</b>	B	Utilização da curva P-V para avaliar o uso da PEEP como forma de evitar o desrecrutamento causado pela redução do volume corrente (VC).	Foi possível avaliar através da estratégia que a PEEP foi capaz de expandir as unidades colapsadas pela redução do VC, melhorar as trocas gasosas e a hemodinâmica.



Autor (ano)	Grau de recomendação	Ferramenta	Principais achados correlacionados
<b>Amato et al. (1995)</b>	A	Utilização da curva P-V para estabelecer os parâmetros ventilatórios e o nível de PEEP a ser utilizado.	O uso da PEEP 1 ou 2 pontos acima do ponto de inflexão inferior, associado a baixo VC (4 a 7 ml/kg), esteve associado a melhora nos parâmetros de oxigenação e na mecânica respiratória, tendo ocorrido redução inicial da mortalidade.
<b>Gattinoni et al. (1997)</b>	A	Avaliação da mecânica respiratória em SDRA pulmonar (SDRAp) e extrapulmonar (SDRAexp).	Pulmão mais rígido na SDRAp, que não melhora com a PEEP, enquanto na SDRAexp há uma gaiola toracoabdominal mais rígida e um pulmão mais compatível, que melhoram com o aumento da PEEP.
<b>Maggiore et al. (2001)</b>	B	Utilização do ponto mais baixo de inflexão (LIP) como determinante da pressão de fechamento alveolar	LIP não indicou o ponto a partir do qual ocorreu desrecrutamento alveolar, ou seja, não foi um bom marcador de PEEP ideal; porém sugeriu-se como um marcador qualitativo de pulmão recrutável.
<b>Mergoni et al. (2001)</b>	B	Avaliação da relação entre o LIP e o volume recrutado (VR).	Concluiu-se que o fenômeno do recrutamento não está intimamente relacionado à presença de um LIP.
<b>Crotti et al. (2001)</b>	B	Avaliação da relação entre o LIP e o valor de PEEP ideal.	O aumento inicial da inclinação da curva P-V indica a pressão mínima na qual o recrutamento alveolar começa a ocorrer, em vez do nível máximo de PEEP capaz de proporcionar o máximo recrutamento. Sob essas circunstâncias, um nível de PEEP igual ao LIP subestima o nível ideal de PEEP capaz de minimizar o colapso alveolar expiratório final; A diminuição da inclinação da curva P-V não indica o início da sobredistensão alveolar, mas o fim do recrutamento alveolar.
<b>Rouby et al. (2003)</b>	B	Avaliação do ponto de inflexão na curva P-V correlacionada à TC pulmonar.	1) Em voluntários saudáveis, a curva P-V explora as propriedades mecânicas do sistema respiratório; 2) Pacientes com SDRA, nos quais a perda de aeração é maciça e difusa à ZEEP, a curva P-V é uma curva de recrutamento pulmonar e sua inclinação indica o potencial de recrutamento; 3) A seleção do nível adequado de PEEP em pacientes com síndrome da angústia respiratória aguda, com perda focal de aeração, não pode se basear inteiramente no formato da curva P-V.



Autor (ano)	Grau de recomendação	Ferramenta	Principais achados correlacionados
<b>Terragni et al. (2005)</b>	A	Avaliação do ponto de inflexão inferior (LIP) e ponto de inflexão superior (UIP) na curva P-V e Stress Index (SI) na curva P-T.	A) LIP corresponde à pressão ou volume expiratório final necessário para iniciar o recrutamento dos alvéolos colapsados; B) UIP corresponde à pressão ou volume expiratório final a partir do qual acontece sobredistensão alveolar. C) Um SI <1, está associado a uma concavidade para baixo na curva P-T e indica capacidade de recrutamento; Um SI = 1, está associado a uma curva linear e indica complacência constante e recrutamento próximo ao ideal; Um SI >1, está associado a uma curva de concavidade para cima e indica sobredistensão alveolar.
<b>Gatinoni et al. (2006)</b>	B	Uso de variáveis fisiológicas para determinar porcentagem de pulmão potencialmente recrutável.	A combinação de variáveis que produziu os melhores resultados foi a presença de, pelo menos, dois dos seguintes itens: P/ F < 150 em uma PEEP de 5 cmH <sub>2</sub> O, qualquer diminuição no espaço morto alveolar e um aumento na complacência do sistema respiratório quando a PEEP aumentou de 5 para 15 cmH <sub>2</sub> O. Sustenta-se a hipótese de que o recrutamento pulmonar anatômico e funcional sejam dissociados.
<b>Grasso et al. (2007)</b>	B	Uso do SI como parâmetro para escolha da PEEP ideal.	A hiperinsuflação alveolar em pacientes com SDRA focal, ventilada com o protocolo ARDSnet é atenuada por uma abordagem fisiológica da configuração da PEEP com base na medição do SI.
<b>Oliveira et al. (2007)</b>	B	Utilização do método PEEP-Complacência para escolha da PEEP ideal, de forma incremental e decremental.	Não demonstrou superioridade de uma forma de calcular a PEEP ideal sobre a outra, podendo ser utilizadas ambas de forma indistinta.
<b>Thille et al. (2007)</b>	B	Uso da origem da SDRA e da complacência estática (Cest) como parâmetro para escolha da PEEP ideal.	As decisões sobre o nível de PEEP ou o uso de técnicas de recrutamento durante ventilação mecânica não devem se basear na origem da SDRA. A Cest subestima sistematicamente o recrutamento alveolar e não pode ser usada para avaliar o recrutamento alveolar relacionado à PEEP.
<b>Demory et al. (2008)</b>	B	Uso da histerese da curva P-V como forma de avaliação da recrutabilidade alveolar.	Os resultados sugerem o uso da histerese da curva P-V para avaliar a capacidade de recrutamento do pulmão.



Autor (ano)	Grau de recomendação	Ferramenta	Principais achados correlacionados
Patroniti et al. (2010)	A	Uso do deslocamento da curva P-V para avaliar o recrutamento alveolar.	A medida do recrutamento alveolar costuma ser subestimada, pois geralmente ignora o fato de a capacidade residual funcional ser afetada pela PEEP.
Lowhagen et al. (2010)	B	Uso da diferença entre volume pulmonar aberto totalmente recrutado (como o volume atingido no final de duas manobras de capacidade vital, consecutivas até 40 cmH <sub>2</sub> O) e o volume pulmonar não recrutado (extrapolação da curva P-V alveolar da linha de base até 40 cmH <sub>2</sub> O), como forma de obter o volume pulmonar potencialmente recrutável.	É possível que essa técnica possa ser usada para determinar a necessidade de manobras de recrutamento e selecionar o nível de PEEP com base na capacidade de recrutamento pulmonar.
Dellamonica et al. (2011)	B	Medir a capacidade residual funcional ou o volume pulmonar expiratório final (EELV) quando a PEEP é aplicada como um meio de avaliar a capacidade de recrutamento pulmonar e a tensão induzida por PEEP.	O recrutamento e a tensão induzidos pela PEEP podem ser avaliados à beira do leito usando a medição EELV.
Reske et al. (2013)	A	Correlação entre a PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> e o shunt estimado na TC.	Quando transformada logaritmicamente, a P/F, medida durante um curto período de ventilação com oxigênio puro (FiO <sub>2</sub> = 100%), correlaciona-se fortemente (R <sup>2</sup> =0,94) com as derivações fisiológicas e as estimativas de TC de pulmão não aerado em pacientes estabilizados hemodinamicamente, que foram recentemente colocados em VM.
Terragni et al. (2013)	B	Correlação entre avaliação tomográfica, Pplatô e SI a fim de identificar uma ventilação prejudicial.	Uma Pplatô > 25 cmH <sub>2</sub> O e um SI > 1,05 foram os melhores limiares para a identificação de ventilação prejudicial.
Chiumello et al. (2016)	B	Relação entre o recrutamento pulmonar avaliado por mecânica respiratória (curva P-V e EELV) e tomografia computadorizada em pacientes com SDRA.	Os métodos aparentam medir eventos distintos. Enquanto a mecânica respiratória pode ser usada para avaliar a melhoria geral da inflação, a TC avalia, de fato, a quantidade de tecido que está potencialmente abrindo e fechando.



Autor (ano)	Grau de recomendação	Ferramenta	Principais achados correlacionados
<b>Chen et al. (2019)</b>	B	Correlação entre o método de avaliação das histereses (método de referência) e a diferença de volume em dois níveis de PEEP (método experimental).	Os dois métodos tiveram boa correlação quanto a medida do volume não recrutado e o método experimental foi capaz de definir, através da padronização desse volume, a recrutabilidade pulmonar.
<b>Sahetya et al. (2020)</b>	B	Definição da PEEP ideal partindo do valor inicial padronizado na tabela ARDSNet e incrementado ou decrementado de acordo com a menor Driving Pressure (DP).	A PEEP ideal de acordo com a menor DP foi variavelmente maior ou menor que o estabelecido pela tabela ARDSNet.
<b>Dries e Marine (2020)</b>	D	Diferentes ferramentas propostas nos artigos expostos.	Apesar do cuidado padronizado oferecer comodidade as observações fisiológicas com um forte fundamento científico servem como um melhor guia para a intervenção, individualizando o cuidado sem dispensar a avaliação empírica.

**P:** pressão; **V:** volume; **EEP:** zero end expiratory pressure; **Pplatô:** pressão de platô; **VC:** volume corrente; **SDRAp:** síndrome do desconforto respiratório agudo pulmonar; **SDRAexp:** síndrome do desconforto respiratório agudo extrapulmonar; **LIP:** ponto de inflexão inferior; **UIP:** ponto de inflexão superior; **SI:** stress index; **PaO2:** pressão arterial de oxigênio; **FIO2:** Fração inspirada de oxigênio; **T:** tempo; **Cest:** complacência estática; **EELV:** volume pulmonar expiratório final; **TC:** tomografia computadorizada

## Discussão

A utilização da curva pressão-volume (P-V) como ferramenta clínica foi proposta em 1976, inicialmente como forma de observar a evolução da gravidade da SDRA<sup>36</sup>. Ao longo dos anos, o estudo da curva possibilitou novas avaliações de mecânica pulmonar e de respostas à PEEP<sup>36</sup>. A metodologia utilizada para descrever a curva também evoluiu de forma importante, porém, obter dados fidedignos através da mesma requer múltiplas curvas fotovoltáicas e, portanto, essa técnica ainda permanece reservada para a pesquisa clínica, além de estar mais relacionada ao recrutamento volumétrico e não necessariamente de unidades alveolares<sup>16,18,36</sup>. O mesmo pode se aplicar à medida de volume pulmonar expiratório final<sup>16</sup>.

Chiumello et al.<sup>17</sup> avaliaram a existência de uma relação entre métodos de avaliação de recrutabilidade e resposta à PEEP, com base em cálculos de mecânica e com base em TC. Seu estudo, que teve como amostra 68 doentes com SDRA, sugeriu que as respectivas ferramentas avaliavam propriedades diferentes e, portanto, as respostas obtidas não necessariamente se relacionavam entre si.

Concluiu-se também que as respostas geradas pela avaliação de mecânica possuíam maior relação à recrutamento de volume, enquanto a TC avaliaria, de fato, a quantidade de tecido colapsado que recupera a insuflação.

Gattinoni et al.<sup>8</sup> também corroboram a ideia de que o recrutamento pulmonar anatômico (avaliado através da TC) e funcional (avaliado através das ferramentas de mecânica) estejam pelo menos parcialmente dissociados, com base nos resultados do seu estudo, que encontrou baixa correlação entre o uso de variáveis fisiológicas para determinar a porcentagem de pulmão potencialmente recrutável.

Reske et al.<sup>16</sup> propuseram a utilização de uma correlação entre a relação P/F e áreas de pulmão não aerado na TC. O seu modelo mostrou correlação importante ( $R^2=0,94$ ) em situações específicas de  $FiO_2=1$ , desde que com transformação logarítmica da relação<sup>16</sup>. Não foram localizados nos demais artigos, utilizados no presente estudo, informações que corroborem os resultados. A transformação logarítmica não foi exposta no estudo como uma fórmula de fácil aplicabilidade, porém o estudo propôs uma tabela que correlaciona o valor obtido da P/F e o intervalo de suposição de área pulmonar não aerada. Apenas 44%, dos 77 pacientes da pesquisa em questão, apresentavam SDRA e seu peso pulmonar mediano estava dentro da faixa normal. Portanto, foi proposto pelos autores que o mecanismo do pulmão não aerado, em um número considerável de pacientes, era provavelmente atelectasia, e não consolidação inflamatória, como presente na SDRA. Os autores sugerem que os resultados devem ser aplicados com cautela em pacientes com SDRA<sup>16</sup>.

A maior parte das ferramentas baseadas em mecânica, que afirmaram possibilitar a avaliação da recrutabilidade alveolar observados no presente estudo, foram posteriormente refutadas em novos estudos que correlacionam o uso da ferramenta com a área recrutada ou potencialmente recrutável avaliada através da TC. Observa-se, em grande parte desses estudos mais recentes, que os resultados obtidos com base no uso dessas ferramentas estão, geralmente, relacionados somente ao recrutamento volumétrico, e não raras vezes, ignoram a sobredistensão de áreas já abertas em contrapartida a manutenção de áreas não recrutadas.

Sahetya et al.<sup>38</sup> e Dries e Marine<sup>39</sup> reforçam a dificuldade encontrada em pré-estabelecer valores padrões de PEEP dentro das opções disponíveis, corroborando a premissa de individualização do cuidado e evidenciando uma necessidade de associar o conhecimento científico a avaliação empírica em busca de melhores estratégias.

Dado o déficit de ferramentas que possibilitem a avaliação da recrutabilidade beira-leito e a confiabilidade de outras aventadas, foram propostas ferramentas que objetivam limitar os danos potencialmente ocasionados pela PEEP, como o limite da Pplatô e do SI, propostos por Takala et al.<sup>22</sup> e Terragni et al.<sup>35</sup> e corroborados por Grasso et al.<sup>12</sup>.

Afim de contrapor a obstinada busca por valores ideais de PEEP, apresentam-se os resultados do estudo de Brower et al.<sup>40</sup>, que sugerem que em pacientes com LPA e SDRA que recebem ventilação mecânica protetora (VC de 6 ml/kg de peso predito e um limite de Pplatô de 30 cmH<sub>2</sub>O), os resultados clínicos são semelhantes independente de os valores de PEEP serem mais altos ou mais baixos.

## Conclusão

Embora apresente bastante relevância na escolha do protocolo de uso da PEEP, ainda não foi possível encontrar uma ferramenta que possa substituir de forma segura, em termos de resultados, o uso da TC na avaliação do potencial de recrutamento. Nota-se, portanto, a necessidade de novos estudos e o estabelecimento de correlações mais confiáveis, que possibilitem tal avaliação à beira-leito, e viabilize, assim, uma avaliação mais concisa, assertiva e menos dispendiosa, que possa ser incluída na prática clínica. Enquanto isso, vale-se lançar mão de ferramentas que possibilitem limitar os danos potencialmente ocasionados pela PEEP, de forma que não se abra mão dos benefícios da mesma, mas também não exponha os pacientes em seu uso, aos malefícios da sobredistensão, ou pelo menos, amenize-os.

## Referências

1. Amato MB, Barbas CS, Medeiros DM, Magaldi MD, Schettino MD, Lorenzi-Filho MD, et al. Effect of a protective-ventilation strategy on mortality in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 1998; 338-347.
2. Rubenfeld GD, Caldwell E, Peabody E, Weaver J, Martin DP, Neff M, et al. Incidence and outcomes of acute lung injury. *N Engl J Med.* 2005; 353.
3. Phua J, Badia JR, Adhikari NK, Friedrich JO, Fowler RA, Singh JM, et al. Has mortality from acute respiratory distress syndrome decreased over time? A systematic review. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 179(3), 220-227.
4. Villar J, Slutsky AS. The incidence of the adult respiratory distress syndrome. *Am Rev Respir Dis.* 1989;140-814.
5. Coimbra R, Silverio CC. Novas estratégias de ventilação mecânica na lesão pulmonar aguda e na síndrome da angústia respiratória aguda. *Rev. Assoc. Med. Bras.* 2001; 47(4):358-364.
6. Rotman V. Avaliação de estratégia ventilatória sequencial em pacientes com lesão pulmonar aguda (LPA) / Síndrome do Desconforto Respiratório Agudo (SDRA). São Paulo: Faculdade de Medicina. 2008.

7. Ranieri MV, Mascia L, Fiore T, Bruno F., Brienza A., Giuliani R. Cardiorespiratory effects of Positive End-expiratory Pressure during progressive tidal volume reduction (permissive hypercapnia) in patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology*. 1995; 83(4): 710-720.
8. Gattinoni L, Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri VM, Quintel M, et. al. Lung recruitment in patients with the Acute Respiratory Distress Syndrome. *N Engl J Med*. 2006; 1775–1786.
9. Caironi P, Cressoni M, Chiumello D, Ranieri M, Quintel M, Russo SG, et al. Lung opening and closing during ventilation of acute respiratory distress syndrome. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2010; 181(6), 578-586.
10. Macintyre, NR. Mechanical ventilation strategies for lung protection. *Milano*. 2005; 323-330.
11. Cavalcanti AB, Suzumura ÉA, Laranjeira LN. Effect of lung recruitment and titrated Positive End-Expiratory Pressure (PEEP) vs low PEEP on mortality in patients with Acute Respiratory Distress Syndrome: a randomized clinical trial. *JAMA*. 2017; 318(14):1335-1345.
12. Grasso S, Stripoli T, Michele M, Bruno F, Moschetta M, Angelelli G, et al. ARDSnet ventilatory protocol and alveolar hyperinflation role of Positive End-Expiratory Pressure, *Am J Respir Crit Care Med*. 2007; 176:761–767.
13. Thille AW, Richard JCM. Alveolar recruitment in pulmonary and extrapulmonary Acute Respiratory Distress Syndrome comparison using pressure–volume curve or static compliance. *Anesthesiology*. 2007; 106:212.
14. Matos GFJ, Stanzani F, Passos RH. How large is the lung recruitability in early Acute Respiratory Distress Syndrome: a prospective case series of patients monitored by computed tomography. *Critical Care*. 2012; 16: r4.
15. Chiumello D, Marino A, Brioni M. Visual anatomical lung CT scan assessment of lung recruitability. *Intensive Care Med*. 2013; 39:66.
16. Reske AW, Costa, EIV, Reske AP. Bedside estimation of nonaerated lung tissue using blood gas analysis. *Critical Care Medicine*. 2013; 41(3):732–743.
17. Chiumello D, Marino A, Brioni M. Lung recruitment assessed by respiratory mechanics and computed tomography in patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. What is the relationship? *AJRCCM*. 2016; 193(11):1254-1263.
18. Amato MBP, Santiago RRS. The recruitability paradox. *AJRCCM*. 2016; 193(11)
19. Viana WN. Síndrome de Angústia Respiratória Aguda após Berlim. *Pulmão*. Rio de Janeiro. 2015; 24(3):31-35.
20. Oxford centre for evidence-based medicine – levels of evidence. 2009. Disponível em: <https://www.cebm.net/2009/06/oxford-centre-evidence-based-medicine-levels-evidence-march-2009/>
21. Ranieri VM, Giuliani R, Fiore T, Dambrosio M, Milic-Emili J, et. al. Volume-pressure curve of the respiratory system predicts effects of PEEP in ARDS: "occlusion" versus "constant flow" technique. *AJRCCM*. 1994; 149(1):19-27.
22. Takala J, Valta P. Mechanical ventilation in ARDS: interaction of respiratory mechanics and gas exchange. In: Vincent jl. *Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine*. Springer, Berlin. 1995.
23. Amato MBP, Barbas CSV, Medeiros DM, Schettino GDP, Lorenzi Filho G, Kairalla RA, et al. Beneficial effects of the "open lung approach" with low distending pressures in Acute Respiratory Distress Syndrome. *Am J Resp Crit Care Med*. 1995; 152:1835-1846.
24. Gattinoni L, Pelosi P, Suter PM. Acute Respiratory Distress Syndrome caused by pulmonary and extrapulmonary disease. Different syndromes? *Am J Respir Crit Care Med*. 1998; 158(1):3-11.
25. Maggiore SM, Jonson B, Richard J-C. Alveolar derecruitment at decremental Positive End-Expiratory Pressure levels in acute lung injury: Comparison with the lower inflection point, oxygenation, and compliance. *AJRCCM*. 2001; 164(5).

26. Mergoni M, Volpi A, Bricchi C, Rossi A. Lower inflection point and recruitment with PEEP in ventilated patients with acute respiratory failure. *Journal of Applied Physiology*. 2001; 91(1):441-450.
27. Crotti S, Mascheroni D, Caironi P, Pelosi P, Ronzoni G, Mondino M, et al. Recruitment and derecruitment during acute respiratory failure: a clinical study. *American journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 2001; 164(1):131-140.
28. Rouby J-J, Lu Q, Vieira S. Pressure/volume curves and lung computed tomography in Acute Respiratory Distress Syndrome. *European Respiratory Journal*. 2003; 22(42):27s-36s.
29. Terragni PP, Chiaia B, Ranieri VM. How to detect VILI at the bedside. *Update in intensive care medicine*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2005.
30. Oliveira LRC, José A, Dias ECP, de Siqueira EM, de Oliveira AM, Feyes BT et al. Cálculo da pressão expiratória positiva final ideal incremental e decremental com utilização do método de Suter. *Arquivos médicos do ABC*. 2007; 32.
31. Demory D, Arnal JM, Wysocki M, Donati S, Granier I, Corno G, Durand-Gasselín J, et al. Recruitability of the lung estimated by the pressure volume curve hysteresis in ARDS patients. *Intensive Care Med*. 2008; 34. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00134-008-1167-8>
32. Patroniti N, Bellani G, Cortinovis B. Role of absolute lung volume to assess alveolar recruitment in Acute Respiratory Distress Syndrome patients. *Critical Care Medicine*. 2010; 38(5):1300-1307.
33. Lowhagen K, Lindgren S, Odenstedt H, Stenqvist O, Lundin S. A new non-radiological method to assess potential lung recruitability: a pilot study in ALI patients. *Acta anaesthesiologica scandinavica*. 2011; 55:165-174.
34. Dellamonica J, Lerolle N, Sargentini C, Beduneau G, Di Marco F, Mercat A, et al. PEEP-induced changes in lung volume in acute respiratory distress syndrome. Two methods to estimate alveolar recruitment. *Intensive Care Medicine*. 2011; 37(10):1595.
35. Terragni PP, Filippini C, Slutsky AS, Birocco A, Tenaglia T, Grasso, et al. Accuracy of plateau pressure and stress index to identify injurious ventilation in patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Anesthesiology*. 2013; 119(4):880-889.
36. Vieira SRR. Curvas de complacência ou curvas pressão-volume na insuficiência respiratória aguda. *J Pneumol*. 1999; 25(6):335-339.
37. Chen L, Del Sorbo L, Grieco DL, Richard JC, Ferguson ND, Fan E, Brochard LJ. A Simple Method to Assess Lung Recruitability at the Bedside for Patients with Acute Respiratory Distress Syndrome. *Critical care: the crucible - optimizing mechanical ventilation: innovative trials and tools*. 2019; 4247
38. Sahetya A, Hager D, Stephens R. Positive end-expiratory pressure titration to minimize driving pressure in patients with the acute respiratory distress syndrome: a prospective physiological study. *Resp Care* 2020;65(5):583–589.
39. Dries DJ and Marini JJ. Finding Best PEEP: A Little at a Time. *Respiratory Care*. 2020; 65(5)722-724
40. Brower RG, Lanken PN, MacIntyre N, Matthay MA, Morris A, Ancukiewicz M, et al. Higher versus lower positive end-expiratory pressures in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2004; 351(4):327-336.

**Endereço para correspondência:**

Kallyne Santiago Tocantins  
Rua C-64, Quadra 106, Lote 12, Ap. 102;  
Setor Sudoeste - Goiânia/ GO  
CEP: 74305-430  
E-mail: [kallyne.santiago@gmail.com](mailto:kallyne.santiago@gmail.com)