

---

# Prototipo de um recurso para pressão expiratória positiva com propriedades fluxo-dependentes

## *Prototype of a resource for positive expiratory pressure with flow-dependent properties*

Janize Costa Nina<sup>1\*</sup>, Valéria Marques Ferreira Normando<sup>2</sup>, Dilma Costa de Oliveira Neves<sup>3</sup>,  
Luiz Carlos Santana da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Pará – Belém/PA

<sup>2</sup>Universidade do Estado do Pará – Belém/PA

<sup>3</sup>Centro Universitário do Estado do Pará – Belém/PA

\*Autor correspondente: janize.nina@hotmail.com

Recebido: 12/05/2020; Aceito: 16/06/2020

---

### RESUMO

A terapia com pressão expiratória positiva (PEP) é segura e eficaz para a prevenção, reversão de atelectasias e remoção de secreções pulmonares. O estudo experimental objetivou elaborar um dispositivo capaz de gerar PEP e avaliar o desempenho mecânico. Com 14 componentes e produzido em alumínio e plástico, apresentou características de um resistor fluxo-dependente não gravitacional. As pressões, obtidas por meio do fluxômetro de alto fluxo modelo Certifier® (TSI Corporated, EUA), tiveram influência da resistência de orifício com diâmetros de 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mm, dos pesos de cinco pistões (1,5; 1,6; 2,0; 3,2 e 3,8 g) e de fluxos constantes de 3, 5, 6, 9, 10 e 12 L/min ou fluxo de disparo do pistão. O pistão de 3,2 g (4) apontou ser a referência estatisticamente significativa ao alcançar a pressão de 20 cmH<sub>2</sub>O com fluxos de 8,16 L/min, para o orifício de 1,5 mm de diâmetro.

**Palavras-chave:** pressão, fisioterapia, respiração com pressão positiva.

### ABSTRACT

Positive expiratory pressure (PEP) therapy is safe and effective for prevention, reversing atelectasis and removing pulmonary secretions. The experimental study aimed to develop a device capable of generating PEP and assessing mechanical performance. With 14 components and produced in aluminum and plastic, it presented characteristics of a non-gravitational flow-dependent resistor. The pressures, obtained through the Certifier® FA TSI high flow flowmeter model (TSI Corporated, USA), had influence of the orifice resistance with diameters of 1.5; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 mm, weights of five pistons (1.5; 1.6; 2.0; 3.2 and 3.8 g) and constant flows of 3, 5, 6, 9, 10 and 12 L/min piston firing flow. The piston of 3.2 g (4) pointed out to be the statistically significant reference when reaching the pressure of 20 cmH<sub>2</sub>O with flows of 8.16 L/min, for the 1.5 mm diameter orifice.

**Keywords:** pressure, physiotherapy, positive-pressure respiration.

## INTRODUÇÃO

Durante décadas, os termos relacionados à fisioterapia respiratória e às manobras para depuração de secreções das vias aéreas, foram sinônimos de percussão manual, drenagem postural e vibração (DARBEE et al., 2004; KUYRUKLUYILDIZ et al., 2016). Por meio da pesquisa científica e da identificação da grande importância da mobilização e eliminação das secreções, nos processos de doença com deterioração do mecanismo de desobstrução das vias aéreas e expectoração, fomentou-se um mercado direcionado ao desenvolvimento de dispositivos para auxiliar nesta tarefa, ou ao menos, permitir uma terapia eficaz e auto administrada (MYERS, 2007).

Na década de 70, surge na Dinamarca a terapia com pressão expiratória positiva (PEP) em respiração espontânea, com a finalidade de alcançar pressões expiratórias na variação de 5 a 20 cmH<sub>2</sub>O (MYERS, 2007). Esta terapia com PEP direciona uma resistência durante a expiração, de modo a gerar uma pressão positiva nas vias aéreas (McILWAINE et al., 2015). Alguns dispositivos produzem resistência ao fluxo expiratório através de orifícios fixos, denominados de instrumentos alineares, os quais promovem um incremento de pressão conforme o aumento do fluxo expiratório. Diferentemente, os dispositivos lineares mantêm pressões positivas constantes, independente do fluxo (MESTRINER et al., 2009).

É de conhecimento que níveis de PEP entre 10 e 20 cmH<sub>2</sub>O, permitem o aumento da pressão durante a expiração, evitam o fechamento prematuro das vias aéreas e conseqüentemente a diminuição do aprisionamento de ar. Além de mantê-las abertas permitindo o prolongamento do fluxo expiratório, também promove a depuração de secreções para vias respiratórias proximais, diminuindo, desta forma, a obstrução e a resistência, como também proporciona um aumento dos volumes e fluxos pulmonares (DAGAN et al., 2014).

A terapia com dispositivos fisioterapêuticos geradores de PEP, tem sido desenvolvida com eficácia similar as terapias manuais, e podem ser uma alternativa diante de métodos de fisioterapia respiratória convencional, que por ser humano-dependente, a frequência e a duração da técnica variam de acordo com o fisioterapeuta. Desta forma, os métodos convencionais são relatados como laboriosos, desconfortáveis para o paciente e com percentagem relativamente baixa da terapia, contribuindo para um declínio na adesão ao tratamento (REYCHLER et al., 2015; KUYRUKLUYILDIZ et al., 2016; MCILWAINE et al., 2019).

Deste modo, este trabalho teve como objetivo elaborar um dispositivo fisioterapêutico capaz de gerar pressão expiratória positiva em respiração espontânea e avaliar seu desempenho mecânico em laboratório.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo experimental e quantitativo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Pará sob protocolo no. 1.160.352 e desenvolvido em duas etapas. A primeira consistiu na elaboração e produção do dispositivo fisioterapêutico, realizado em uma oficina de engenharia mecânica, localizada no município de Ananindeua - PA. A segunda etapa consistiu na mensuração e definição da variação da pressão positiva, de responsabilidade da empresa Cirubel Cirúrgica Belém Comércio e Representações Ltda, localizada em Belém - PA.

### *Elaboração e Produção do Dispositivo Fisioterapêutico*

O dispositivo é definido como um gerador de pressão expiratória positiva com características de um resistor de fluxo alinear, em que o paciente expira espontaneamente contra um resistor de orifício, associado ao peso de um pistão. No dispositivo, a resistência ao fluxo aéreo foi efetuada pelos menores orifícios dos cinco cones, com diâmetros de 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mm, vinculados ao peso de cinco pistões denominados: pistão 1 (1,5 g), pistão 2 (1,6 g), pistão 3 (2,0 g), pistão 4 (3,2 g) e pistão 5 (3,8 g). Para aferição do peso, foi utilizada uma

balança de precisão modelo BS3000A (Bioprecisa, Shenzhen, China). As definições dos diâmetros dos orifícios foram baseadas em dispositivos de PEP disponíveis no mercado, que apresentaram variação de 1,5 a 5,0 mm. Os pesos foram selecionados baseados em cálculos específicos, os quais foram relacionados com as dimensões do dispositivo respiratório.

O recurso fisioterapêutico foi constituído, inicialmente, por 14 componentes: corpo, tubo transparente de polietileno pré-fabricado com orifício de saída de 4 mm, cinco válvulas de resistência por orifício e cinco pistões (para feedback visual), um bocal e um oringue (para evitar o escape aéreo entre as válvulas e o tubo transparente). A escolha do diâmetro na porção superior do tubo transparente foi baseada em projeções progressivas a partir de 1,8 mm até atingir 4,0 mm, permitindo baixo fluxo e baixas pressões. As partes correspondentes ao corpo e válvulas (cones), foram confeccionados em material de alumínio a fim de criar o molde para a confecção em material plástico (polipropileno), o qual permite baixo custo, fácil moldagem, alta resistência à fratura por flexão ou fadiga, elevada resistência química e a solventes, atóxico, baixo peso específico (leveza), soldável e moldável, que permite a fabricação de conexões com boa resistência ao impacto e à absorção de umidade.

#### *Medição e Definição da Pressão Positiva*

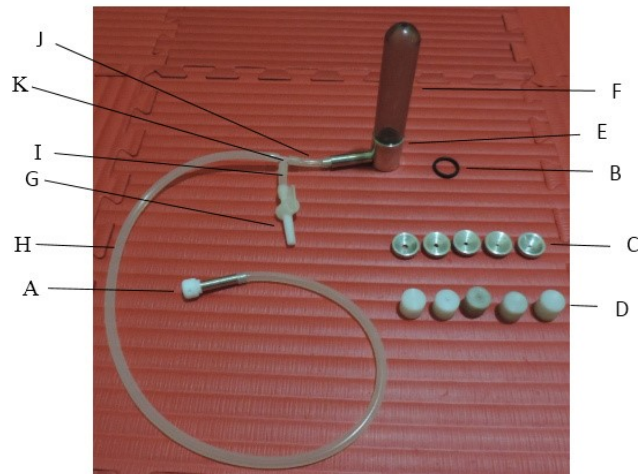
As variações da pressão positiva expiratória geradas pelo recurso terapêutico, foram determinadas através de fluxos fixos de 3, 5, 6, 9, 10 e 12 L/min, ou até atingir o fluxo de disparo do pistão, delimitados pelo fluxômetro de alto fluxo modelo Certifir® FA TSI (TSI Corporated, EUA), o qual permite registrar altas pressões variando de 0 a 150 cmH<sub>2</sub>O. Os fluxos fixos foram determinados pela variação dos fluxos médios de três crianças saudáveis, com idade entre quatro e dez anos. Todos os medidores foram calibrados cuidadosamente antes do experimento e a aferição da PEP foi gravada durante, pelo menos, três segundos de modo a obter um valor estável. Todos os cinco pistões foram testados para cada resistor de orifício com o registro da pressão correspondente.

#### *Análise Estatística*

Para avaliar o desempenho mecânico do dispositivo fisioterapêutico referente às variáveis pressão, fluxo, diâmetro do orifício de resistência e peso do pistão, foi realizado o ajustamento de curvas, por meio da regressão linear. Para cada pistão e respectivos diâmetros dos orifícios, foi aplicado a regressão linear que permitiu encontrar a função matemática e o teste para verificação da significância ( $p = 0.05$ ). Após encontrar a função de correlação, esta foi aplicada nos extremos do intervalo considerado terapêutico, entre 10 e 20 cmH<sub>2</sub>O, com a finalidade de descobrir qual o fluxo adequado (menor fluxo) em cada orifício para alcançar estes parâmetros. O processamento estatístico foi realizado no software BioEstat 5.0.

## **RESULTADOS**

Durante os primeiros testes em laboratório, observou-se a necessidade de criar uma peça adicional que permitisse uma variação de pressão mais branda, proporcionando maior flutuação do pistão no interior do tubo transparente. Diante disso, foi criada uma válvula em nylon para controle do fluxo aéreo, sendo alterada a estrutura inicial do dispositivo, como mostra a Figura 1.



**Figura 1.** Composição do dispositivo para oferta de pressão expiratória positiva com propriedades fluxo-dependentes. A = bocal; B = oringue; C = válvulas de resistência por orifício; D = pistões; E = corpo; F = tubo transparente; G = válvula para controle do fluxo; H, I e J = mangueiras; K = peça T.

**Fonte:** Autores da pesquisa.

O comportamento mecânico do dispositivo fisioterapêutico após a aplicação do teste de regressão linear está descrito na Tabela 1, 2, 3, 4 e 5, de acordo com as pressões geradas por cada um dos cinco orifícios, fluxo fixo ou de disparo e peso de cada um dos cinco pistões.

Quando utilizado o pistão 2 (Tabela 2) e pistão 1 (Tabela 1), observou-se que o orifício de 1,5 mm foi o único a apresentar disparo adequado, pois, para os demais orifícios, os disparos ocorreram antes de alcançar a pressão de 10 cmH<sub>2</sub>O. Comportamento semelhante ocorreu após a aplicação do teste de regressão linear, em que se atingiu a pressão de 20 cmH<sub>2</sub>O com fluxos de 8,51 L/min (pistão 2) e 9,30 L/min (pistão 1) para o mesmo diâmetro de orifício. Para esses pistões foram observadas diferenças estatísticas significantes a favor do orifício de 1,5 mm, de p-valor = 0,0234 e p-valor = 0,0063, respectivamente.

Não foi aplicado o teste estatístico no orifício de 5 mm para o pistão 2 (1,6 g) e para o pistão 1 (1,5 g) nos orifícios de 2 mm e 5 mm, uma vez que os dados registrados dizem respeito apenas a duas observações devido disparo precoce dos pistões, sendo necessário o mínimo de 3 observações para cada variável orifício ser submetida a análise estatística.

Ao ser utilizado o pistão 3 (Tabela 3), observou-se que os melhores disparos ocorreram com os orifícios de diâmetros 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mm. No entanto, após o teste estatístico utilizando-se a regressão linear, o orifício de 1,5 mm apresentou melhor disparo ao alcançar pressão de 20 cmH<sub>2</sub>O, com fluxo de 8,68 L/min. A diferença estatística encontrada após o teste de regressão linear foi um p-valor de 0,0054. Os dados referentes ao orifício de 3 mm não foram submetidos à análise de regressão linear visto que os dados registrados são discordantes do comportamento esperado na curva de ajuste dos dados.

Quando utilizados o pistão 5 (Tabela 5) e pistão 4 (Tabela 4), observou-se que os melhores disparos ocorreram com os orifícios de diâmetros 2,0; 3,0 e 4,0 mm. No entanto, após o teste estatístico utilizando-se a regressão linear, o orifício que ofereceu melhor disparo foi de 1,5 mm para ambos os pistões, pois, alcançou uma pressão de 20 cmH<sub>2</sub>O, com fluxo de 8,42 L/min (p<0,0001) e fluxo de 8,16 L/min, respectivamente. Este último resultado foi o que apresentou maior significância estatística (p=0,0005).

**Tabela 1.** Regressão linear das variáveis fluxo e pressão associada a resistência empregada por orifício e peso do pistão 1 (1,5 g), Belém-PA, 2020.

REGRESSÃO LINEAR - PISTÃO 1 (1,5 g)					
Orifício 1,5 mm		Orifício 2,0 mm	Orifício 3,0 mm	Orifício 4,0 mm	Orifício 5,0 mm
$y = -3,44 + 2,52x$		NP	$y = -1,56 + 1,77x$	$y = -3,12 + 2,24x$	NP
p = 0,0063*			p = 0,0715	p = 0,0727	
y = cm H <sub>2</sub> O 10 20	x = L/min 5,33 9,30				

**Nota:** Variável Dependente (Y) = Pressão cmH<sub>2</sub>O; Variável Independente (X) = Fluxo L/min; Não se aplica = NP;  
\* p-valor com diferença estatística significativa.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

**Tabela 2.** Regressão linear das variáveis fluxo e pressão associada a resistência empregada por orifício e peso do pistão 2 (1,6 g), Belém-PA, 2020.

REGRESSÃO LINEAR - PISTÃO 2 (1,6 g)					
Orifício 1,5 mm		Orifício 2,0 mm	Orifício 3,0 mm	Orifício 4,0 mm	Orifício 5,0 mm
$y = -3,32 + 2,47x$		$y = -2,48 + 2,15x$	$y = -2,36 + 2,04x$	$y = -1,99 + 1,90x$	NP
p = 0,0234*		p = 0,0848	p = 0,0650	p = 0,8695	
y = cmH <sub>2</sub> O 10 20	x = L/min 4,86 8,51				

**Nota:** Variável Dependente (Y) = Pressão cmH<sub>2</sub>O; Variável Independente (X) = Fluxo L/min; Não se aplica = NP;  
\* p-valor com diferença estatística significativa.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

**Tabela 3.** Regressão linear das variáveis fluxo e pressão associada a resistência empregada por orifício e peso do pistão 3 (2,0 g), Belém-PA, 2020.

REGRESSÃO LINEAR - PISTÃO 3 (2,0 g)									
Orifício 1,5 mm		Orifício 2,0 mm		Orifício 3,0 mm		Orifício 4,0 mm		Orifício 5,0 mm	
$y = -4,66 + 2,84x$		$y = -3,26 + 2,24x$		NP		$y = -3,04 + 2,06x$		$y = -2,29 + 1,98x$	
p = 0,0054*		p = 0,3003				p = 0,0055*		p = 0,0063*	
y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min					y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min
10	5,16					10	6,33	10	6,21
20	8,68					20	11,18	20	11,26

**Nota:** Variável Dependente (Y) = Pressão cmH<sub>2</sub>O; Variável Independente (X) = Fluxo L/min; Não se aplica = NP; \* p-valor com diferença estatística significativa.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

**Tabela 4.** Regressão linear das variáveis fluxo e pressão associada a resistência empregada por orifício e peso do pistão 4 (3,2 g), Belém-PA, 2020.

REGRESSÃO LINEAR - PISTÃO 4 (3,2 g)									
Orifício 1,5 mm		Orifício 2,0 mm		Orifício 3,0 mm		Orifício 4,0 mm		Orifício 5,0 mm	
$y = -10,12 + 3,69x$		$y = -3,98 + 2,20x$		$y = -1,86 + 1,50x$		$y = -1,82 + 1,42x$		$y = -1,69 + 1,38x$	
p = 0,0005*		p = 0,0012*		p = 0,0046*		p = 0,0042*		p = 0,0042*	
y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min
10	5,45	10	6,35	10	7,91	10	8,32	10	8,47
20	8,16	20	10,90	20	14,57	20	15,37	20	15,72

**Nota:** Variável Dependente (Y) = Pressão cmH<sub>2</sub>O; Variável Independente (X) = Fluxo L/min;

\* p-valor com diferença estatística significativa.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

**Tabela 5.** Regressão linear das variáveis fluxo e pressão associada a resistência empregada por orifício e peso do pistão 5 (3,8 g), Belém-PA, 2020.

REGRESSÃO LINEAR - PISTÃO 5 (3,8 g)									
Orifício 1,5 mm		Orifício 2,0 mm		Orifício 3,0 mm		Orifício 4,0 mm		Orifício 5,0 mm	
$y = -8,37 + 3,36x$		$y = -4,48 + 2,32x$		$y = -2,55 + 1,65x$		$y = -2,23 + 1,50x$		$y = -2,15 + 1,52x$	
p < 0,0001*		p = 0,0023*		p = 0,0035*		p = 0,0047*		p = 0,0063*	
y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min	y = cmH <sub>2</sub> O	x = L/min
10	5,45	10	6,24	10	7,61	10	8,15	10	7,99
20	8,42	20	10,55	20	13,67	20	14,82	20	14,57

**Nota:** Variável Dependente (Y) = Pressão cmH<sub>2</sub>O; Variável Independente (X) = Fluxo L/min;

\* p-valor com diferença estatística significativa.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

## DISCUSSÃO

Exercícios respiratórios com pressão expiratória positiva são recomendados e eficazes na conduta de pacientes adultos e pediátricos, com patologia respiratória, os quais visam melhorar a oxigenação, reverter ou prevenir atelectasias e promover a remoção de secreções pulmonares (DAGAN et al., 2014). A terapia com PEP é uma alternativa simples e de baixo custo no manejo de pacientes, especialmente aqueles com patologias que diante de condições específicas como plaquetopenia, limitam a atuação do fisioterapeuta através de técnicas manuais e convencionais visando a higiene brônquica e reexpansão pulmonar.

Neste estudo, o dispositivo fisioterapêutico proposto apresentou variação da PEP entre 10 cmH<sub>2</sub>O e 20 cmH<sub>2</sub>O, de acordo com os fluxos pré-determinados no fluxômetro, caracterizando-o tipicamente como um resistor de fluxo. Também se delimitou a PEP de 10 cmH<sub>2</sub>O, considerada como valor mínimo para alcançar os benefícios terapêuticos, segundo recomendações da *The American Association for Respiratory Care* (10 a 20 cmH<sub>2</sub>O). O valor máximo da PEP gerada pelo fluxo de 8,16 L/min foi de 20 cmH<sub>2</sub>O, garantindo a segurança da terapia com baixa pressão. Dispositivos de fluxo de baixa PEP geram pressões entre 5 a 20 cmH<sub>2</sub>O, durante o fluxo expiratório médio, permitindo uma pressão expiratória efetiva e segura (MYERS, 2007; JOHNSTON et al., 2013).

Para o estudo, o critério escolhido do fluxo (3, 5, 6, 9, 10 e 12 L/min), foi baseado na variação dos fluxos expiratórios médios (8,76 a 24,12 L/min) de três crianças saudáveis, com faixa etária entre quatro e dez anos. Essa escolha está relacionada a técnica empregada para esse tipo de recurso fisioterapêutico, em que o paciente é orientado a realizar uma inspiração acima do volume corrente, porém, sem atingir a capacidade pulmonar total e expirar de forma suave (não forçada) sem ultrapassar a capacidade residual funcional, ou seja, sem alcançar fluxos expiratórios altos (MYERS, 2007; PAPADOPOULOU et al., 2008).

Valores semelhantes de fluxos foram usados em vários estudos de modo a comparar experimentalmente o comportamento mecânico de dispositivos osciladores orais de alta frequência (VOLSKO et al., 2003; SANTOS et al., 2013) e selo d'água (MESTRINER et al., 2009). De acordo com Volsko et al. (2003), a seleção (5, 10, 15, 20, 25 e 30 L/min) foi baseada em três crianças com fibrose cística de leve a grave, tratadas com PEP oscilante, que durante a manobra apresentaram fluxo expiratório médio de 13 a 24 L/min. Em adultos saudáveis, foi observado fluxo expiratório médio de 18 a 37 L/min para a mesma manobra. Mestriner et al. (2009) justificou a escolha (1, 5, 10, 15, 20 e 25 L/min) no fato do fluxo médio em indivíduos saudáveis ser aproximadamente de 18 a 19 L/min.

Para Santos et al. (2013), os valores dos fluxos selecionados (5, 10, 15, 20, 26 e 32 L/min) foram compatíveis com a prática clínica.

Outros autores determinaram fluxos máximos mais altos, pela justificativa de conhecerem com mais detalhes a mecânica desses dispositivos, sejam eles improvisados ou comercialmente empregados na prática clínica (CHRISTENSEN et al., 1995; DAGAN et al., 2014).

O tempo de sustentação do fluxo, no estudo, foi de três segundos, com a finalidade de registrar um valor estável da pressão. Valor igual também foi determinado por Santos et al. (2013), ao compararem o comportamento mecânico de três dispositivos de oscilação oral de alta frequência. Valor diferente (trinta segundos) foi usado por Mestriner et al. (2009), ao analisar o comportamento de resistor linear pressórico de dispositivos em selo d'água.

Para o estudo, também foram utilizadas resistências em que o diâmetro dos orifícios variou de 1,5; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 mm, iguais aos dispositivos de PEP utilizados comercialmente na prática clínica, com o objetivo de atingir baixas pressões expiratórias, como recomendadas na literatura. A pressão de 10 cmH<sub>2</sub>O foi alcançada com fluxo de 5,45 L/min e a pressão máxima de 20 cmH<sub>2</sub>O quando o fluxo era de 8,16 L/min, ambas para diâmetro de resistência de 1,5 mm.

Diâmetros semelhantes (1,5 a 5,0 mm, distribuídos a cada 0,5 mm) foram usados por Christensen et al. (1995), para avaliar o comportamento fluxo-dependente de três diferentes dispositivos de PEP (máscara de PEP, Pari-PEP System e System 22-PEP) disponíveis comercialmente e com características de resistor de fluxo. Sehlin et al. (2007), também utilizou diâmetros semelhantes (2,0 a 4,5 mm) para determinar uma pressão de aproximadamente 10 cmH<sub>2</sub>O, em indivíduos saudáveis ao usarem a máscara de PEP como recurso terapêutico, comparando as características do fluxo e da pressão expiratórias com o dispositivo de PEP em selo d'água.

A importância deste estudo está em utilizar parâmetros compatíveis com a prática clínica, podendo sugerir que o dispositivo fisioterapêutico elaborado, tenha características que permitam uma atuação fisioterapêutica segura e eficaz, visando a mobilização de secreções pulmonares, prevenção e/ou reversão de atelectasias. A simplicidade no uso do recurso fisioterapêutico também pode contribuir para uma fácil compreensão da técnica e adesão do paciente, favorecendo alcançar resultados satisfatórios com o tratamento fisioterapêutico. Além disso, permite a autoadministração pelo paciente, após uma instrução apropriada, tornando possível o uso do dispositivo em domicílio, como demonstrado no estudo de Reychler et al. (2015), ao submeter indivíduos saudáveis ao uso correto de um dispositivo de PEP (PariPEP- System) após capacitação orientada por um fisioterapeuta, confirmaram que o sucesso da técnica depende de um bom treinamento inicial e de um acompanhamento regular para alcançar uma pressão expiratória ótima (10 a 20cmH<sub>2</sub>O).

Outra vantagem está relacionada a preferência dos dispositivos de PEP quando comparado a outros recursos da fisioterapia respiratória. Flores et al. (2013), ao avaliarem a adesão a um programa de tratamento fisioterapêutico em adultos portadores de fibrose cística, constituídos de diferentes terapias de higiene brônquica (percussão e drenagem postural, ciclo ativo da respiração, drenagem autógena, dispositivo de PEP e flutter), constataram alto nível de adesão quando os pacientes utilizavam os dispositivos respiratórios, principalmente o de pressão expiratória positiva.

Alguns autores, atribuem a não concordância para o uso de terapias de higiene brônquica manuais, ao tempo requerido para a aplicação das técnicas, ao desconforto que pode ser gerado e a necessidade de assistência diária em relação a um fisioterapeuta treinado (PAPADOPOULOU et al., 2008, REYCHLER et al., 2015). Além disso, repercussões clínicas de hipoxemia e aspiração do conteúdo gastroesofágico durante as manobras, conforme citado pelos autores, de cabeça para baixo (drenagem postural), fazem com que técnicas alternativas sejam introduzidas, como os dispositivos de oscilação oral de alta frequência (OOAF) e PEP (CHRISTENSEN et al., 1995, McILWAINE et al., 2001).



McIlwaine et al. (2001), observaram que o dispositivo de PEP (máscara de PEP) foi mais eficaz na manutenção da função pulmonar de crianças e adolescentes com fibrose cística, ao comparar a fisioterapia com flutter, por um período de um ano. Estes autores acreditam que o dispositivo de PEP promova uma distribuição mais uniforme da ventilação intrapulmonar por abertura de alvéolos (ventilação colateral), os quais são de alguma maneira fechadas durante a respiração no volume corrente. Supõem também, que a diminuição do aprisionamento de ar tenha promovido o aumento do volume expiratório forçado no primeiro segundo (VEF1) e da capacidade residual funcional (CRF) durante a respiração no volume corrente (VC).

Para o autor supracitado, o dispositivo flutter ao funcionar através de uma oscilação da pressão endobrônquica com aceleração intermitente do fluxo aéreo expiratório (efeito vibração), não mantém uma pressão expiratória final. Portanto, as vias aéreas não permanecem abertas durante a fase final da expiração, continuando no volume de reserva expiratória do paciente. Então, durante a respiração em baixos volumes pulmonares, pode ocorrer o fechamento de algumas vias aéreas resultando no aumento da retenção de ar e uma diminuição na capacidade vital forçada (CVF).

Efeitos a curto prazo da pressão expiratória positiva sobre a função pulmonar e a quantidade de secreções removidas dos pulmões de pacientes portadores de fibrose cística com obstrução grave de vias aéreas, foram comparadas por Placidi et al. (2006). Não foram encontradas diferenças na administração combinada com a tosse dirigida. No entanto, ao analisarem aspectos subjetivos da eficácia e tolerância ao tipo de tratamento, observaram que os pacientes se sentiam mais cansados após a terapia com a máscara de PEP.

Os dispositivos de PEP tem se mostrado seguro e eficaz em pacientes com doenças pulmonares crônicas, como a fibrose cística. Além disso, tem sido um recurso de maior preferência quando comparado com dispositivos osciladores de alta frequência e recursos manuais convencionais.

Este estudo tem como principal limitação a realização em um modelo experimental, com fluxos constantes e precisos, o que não necessariamente representa a variabilidade respiratória reproduzida em humanos, os quais apresentam uma ampla gama de fluxos expiratórios. Estudos futuros serão necessários para validação do dispositivo fisioterapêutico em participantes saudáveis, e posterior análise em pacientes com afecções respiratórias que necessitem de intervenção fisioterapêutica. Perspectivas futuras também incluem o processo de patente do dispositivo que será iniciada após aplicabilidade em participantes saudáveis, a fim de garantir a segurança, na prática clínica.

## CONCLUSÃO

O dispositivo proposto apresenta como característica singular, o uso não somente da resistência por orifício, mas também do peso do pistão para produzir uma pressão terapêutica satisfatória. Visando facilitar no futuro o manuseio do dispositivo respiratório na prática clínica, optou-se por selecionar somente a válvula com diâmetro do orifício de 1,5mm e o pistão 4, pois, apresentou o melhor resultado significativamente.

## REFERÊNCIAS

CHRISTENSEN, E.F.; JENSEN, R.H.; SCHONEMANN, N.K.; PETERSEN, K.D. Flow-dependent properties of positive expiratory pressure devices. **Monald Arch Chest**, v.50, p.150-153, 1995.

DAGAN, Y.; WISER, I.; WEISSMAN, O.; FARBER, N.; HUNDESHAGEN, G.; WINKLER, E.;

KAZULA-HALABI.; HAIK, J. An improvised “Blow Glove” device produces similar PEP values to a comercial PEP device: an experimental study. **Physiotherapy Canada**, v.66, p.308-312, 2014.

DARBEE, J.C.; OHTAKE, P.J.; GRANT, B.J.B.; CERNY, F.J. Physiologic evidence for the efficacy of positive expiratory pressure as an airway clearance technique in patients with cystic fibrosis. **Physical Therapy**, v.84, p.524-37, 2004.

FLORES, J.S.; TEIXEIRA, F.A.; ROVEDDER, P.M.E.; ZIEGLER, B.; DALCIN, P.T.R. Adherence to airway clearance therapies by adult cystic fibrosis patients. **Respiratory Care**, v.58, p.279-285, 2013.

JOHNSTON, C.L.; JAMES, R.; MACKNEY, J.H. The current use of positive expiratory pressure (PEP) therapy by public hospital physiotherapists in New South Wales. **New Zealand Journal of Physiotherapy**, v.41, p.88-93, 2013.

KUYRUKLUYILDIZ, U.; BINICI, O.B.; KUPELI, I.; ERTUK, N.; GULHAN, B.; AKYOL, F.; OZCICEK, A.; ONK, D.; KARABAKAN, G. What is the best pulmonary physiotherapy method in ICU? **Canadian Respiratory Journal**, v. 2016, 2016.

MCILWAINE, M.; BUTTON, B.; DWAN, K. **Positive expiratory pressure physiotherapy for airway clearance in people with cystic fibrosis**. Cochrane Database of Systematic Reviews. 6ª edição. 2015. Disponível em: <<https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD003147.pub4/full>>.

MESTRINER, R.G.; FERNANDES, R.O.; STEFFEN, L.C.; DONADIO, M.V.F. Optimum design parameters for a therapist-constructed positive-expiratory-pressure therapy bottle device. **Respiratory Care**, v.54, n.4, p.504-8, 2009.

MYERS, T.R. Positive expiratory pressure and oscillatory positive expiratory pressure therapies. **Respiratory Care**, v.52, n.10, 2007.

PAPADOPOULOU, A.; TSANAKAS, J.; DIOMOU, G.; PAPADOPOULOU, O. Current devices of respiratory physiotherapy. **Hippokratia**, v.12, n.4, 2008.

PLACIDI, G.; CORNACCHIA, M.; POLESE, G.; ZANOLLA, L.; ASSAEL, B. M.; BRAGGION, C. Chest physiotherapy with positive airway pressure: a pilot study of short- term effects on sputum clearance in patients with cystic fibrosis and severe airway obstruction. **Respiratory Care**, v.51, 2006.

REYCHLER, G.; JACQUEMART, M.; PONCIN, W.; AUBRIOT, A.S.; LIISTRO, G. Benefit of educational feedback for the use of positive expiratory pressure device. **Brazilian Journal of Physical Therapy**, 2015.

SANTOS, A.P.; GUIMARÃES, R.C.; CARVALHO, E.M.; GASTALDI, A.C. Mechanical behaviors of flutter VPR1, skaker and capella devices. **Respiratory Care**, v.58, 2013.

SEHLIN, M.; ÖHBERG, F.; JOHANSSON, G.; WINSO, O. Physiological responses to positive expiratory pressure breathing: A Comparison of the PEP Bottle and the PEP Mask. **Respiratory Care**, v.52, 2007.

VOLSKO, T.A.; DIFIIORE, M.; CHATBURN, R.L. Performance comparison of two oscillating positive expiratory pressure devices: Acapella versus Flutter. **Respiratory Care**, v.48, 2003.