

**Fisioter Bras. 2023;24:(5):661-69**

doi: [10.33233/fb.v24i5.5491](https://doi.org/10.33233/fb.v24i5.5491)

## ARTIGO ORIGINAL

### Descrição e desenvolvimento de um Incentivador Respiratório a Fluxo (Inspiratio)

### *Description and development of a Flow Breathing Encourager (Inspiratio)*

Alexandre Jung<sup>1</sup>, Aline Felicio Bueno Ingrassia<sup>2</sup>, Vanessa Simon da Silveira<sup>2</sup>, Luiz Alberto Forgiarini Junior<sup>3</sup>, Alexandre Simões Dias<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Clínica de Reabilitação Cardíaca Alexandre Jung, Lajeado, RS, Brasil*

<sup>2</sup>*Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, Brasil*

<sup>3</sup>*Universidade Católica de Pelotas (UCPEL), RS, Brasil*

Recebido em: 18 de junho de 2023; Aceito em: 29 de setembro de 2023.

**Correspondencia:** Alexandre Jung, alexandrejung31@gmail.com

#### Como citar

Jung A, Ingrassia AFB, Silveira VS, Forgiarini Junior LA, Dias AS. Descrição e desenvolvimento de um Incentivador Respiratório a Fluxo (Inspiratio). Fisioter Bras. 2023;24(5):661-69. doi: [10.33233/fb.v24i5.5491](https://doi.org/10.33233/fb.v24i5.5491)

#### Resumo

**Objetivo:** Descrever o desenvolvimento de um incentivador respiratório a fluxo, denominado Inspiratio. **Métodos:** Estudo do tipo transversal. Inspiratio, desenvolvido por 3 fisioterapeutas, é composto por papel de corpo único, que pode ter 3 diferentes gramaturas, com dobras horizontais e verticais. As variáveis mensuradas nos testes foram: Pressão Inspiratória Máxima ( $PI_{máx}$ ) e Pressão Expiratória Máxima ( $PE_{máx}$ ), fluxo, volume e níveis de  $CO_2$  exalado ( $EtCO_2$ ). **Resultados:** O Inspiratio foi desenvolvido e registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Este dispositivo caracteriza-se por ser de uso individual e descartável, não necessitando de um processo de esterilização. Foram desenvolvidas 3 diferentes gramaturas que estão diretamente associadas a resistência nas vias aéreas assim como pressão dos músculos respiratórios. **Conclusão:** O desenvolvimento de equipamentos nacionais contribui com a melhoria em diversas áreas da saúde, e por isso o Inspiratio é de grande importância, pois pode ser utilizado por pacientes que são assistidos por profissionais que atuam nas áreas da terapia intensiva, internação hospitalar e também na assistência domiciliar.

**Palavra-chave:** inovação; inspirometria de incentivo; fisioterapia.

## Abstract

**Objective:** To describe the development of a respiratory flow incentive, called Inspiratio. **Methods:** Cross-sectional study. Inspiratio, developed by three physiotherapists, is composed of single-body paper, and can have three different weights, with horizontal and vertical folds. The variables measured in the tests were: Maximum Inspiratory Pressure (MIP) and Maximum Expiratory Pressure (MEP), flow, volume and levels of exhaled CO<sub>2</sub> (EtCO<sub>2</sub>). **Results:** Inspiratio was developed and registered at the National Institute of Industrial Property (INPI). This device is characterized by being single use and disposable, not requiring a sterilization process. Three different weights were developed that are directly associated with resistance in the airways as well as pressure of the respiratory muscles. **Conclusion:** The development of national equipment contributes to the improvement in several areas of health, and that is why Inspiratio is of great importance, as it can be used by patients who are assisted by professionals who work in the areas of intensive care, hospitalization and, also, in home care.

**Keywords:** innovation; incentive spirometry; physical therapy.

## Introdução

A Fisioterapia atua numa grande diversidade de situações clínicas como a imobilidade, período pós-operatório, doenças respiratórias, bem como pode ser utilizada durante o processo de envelhecimento. A situação mais prevalente são as complicações pulmonares, pois, nestes casos, ocorre uma redução no volume pulmonar e diminuição da capacidade residual funcional (CRF) [1]. Esse quadro pode contribuir para o desenvolvimento da insuficiência respiratória, levando os pacientes a utilizarem um suporte ventilatório, seja ele invasivo ou não invasivo [2].

Diante desta situação clínica, a fisioterapia respiratória é bem indicada, e as técnicas de terapia de expansão pulmonar são as mais utilizadas [3]. Na década de 70, foi inserido na assistência dos pacientes a inspirometria de incentivo (II), pois, além de auxiliar no autotratamento dos indivíduos, contribui para que exista uma interação direta entre os pacientes e o profissional que orienta o tratamento. Este dispositivo gera um mecanismo do feedback visual quando o paciente faz uma inspiração máxima e sustentada, a partir da Capacidade Residual Funcional (CRF) até atingir a capacidade pulmonar total (CPT). A manobra eleva as pressões transpulmonares, abre os alvéolos colapsados e aumenta a ventilação de zonas pulmonares pouco ventiladas [5,6].

A inspirometria de incentivo tem seu emprego muito bem definido no processo de reabilitação, pois causa uma rápida insuflação pulmonar, restaura os volumes e as

capacidades pulmonares. Sua maior indicação é no momento pós-operatório de cirurgias cardíacas, torácicas e abdominais, já que os pacientes apresentam, na sua maioria, complicações pulmonares decorrentes dos efeitos do procedimento cirúrgico, anestesia e da dor [7]. A diminuição da mobilidade da parede torácica e da expansão pulmonar faz com que os indivíduos realizem respirações rápidas e superficiais, podendo também gerar atelectasias e disfunção pulmonar, o que ocasiona um aumento na morbi-mortalidade e maiores custos ao sistema de saúde [7,8].

Equipamentos projetados para estimular inspirações profundas, lentas e sustentadas, com estímulo visual que funcionam a volume ou a fluxo são os indicados [9]. Pascotini *et al.* [10] compararam os efeitos da inspirometria de incentivo a volume e fluxo, sobre a função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade tóraco-abdominal de idosos saudáveis. Os autores demonstraram que ambos os incentivadores foram eficazes na melhora da função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade tóraco-abdominal em idosos saudáveis, mostrando-se bons aliados da fisioterapia respiratória nesta população.

Nesse sentido, os incentivadores respiratórios a fluxo são uma estratégia utilizada em grande escala, já que apresentam um baixo custo e uma grande praticidade durante as manobras. No entanto, melhorias e aperfeiçoamentos tecnológico são necessários para alcançar resultados clínicos mais significativos [11].

Nesse sentido, o presente estudo tem o objetivo de descrever os processos para o desenvolvimento de um incentivador respiratório a fluxo, denominado Inspiratio, e, comparar sua efetividade nas variáveis pressões respiratórias, fluxo e volume e níveis de CO<sub>2</sub>.

## Métodos

### *Desenho do estudo*

Este é um estudo do tipo transversal, realizado no Hospital de Clínicas de Porto Alegre (HCPA), especificamente no Serviço de Engenharia Biomédica do Hospital, no período de julho de 2022 a janeiro de 2023.

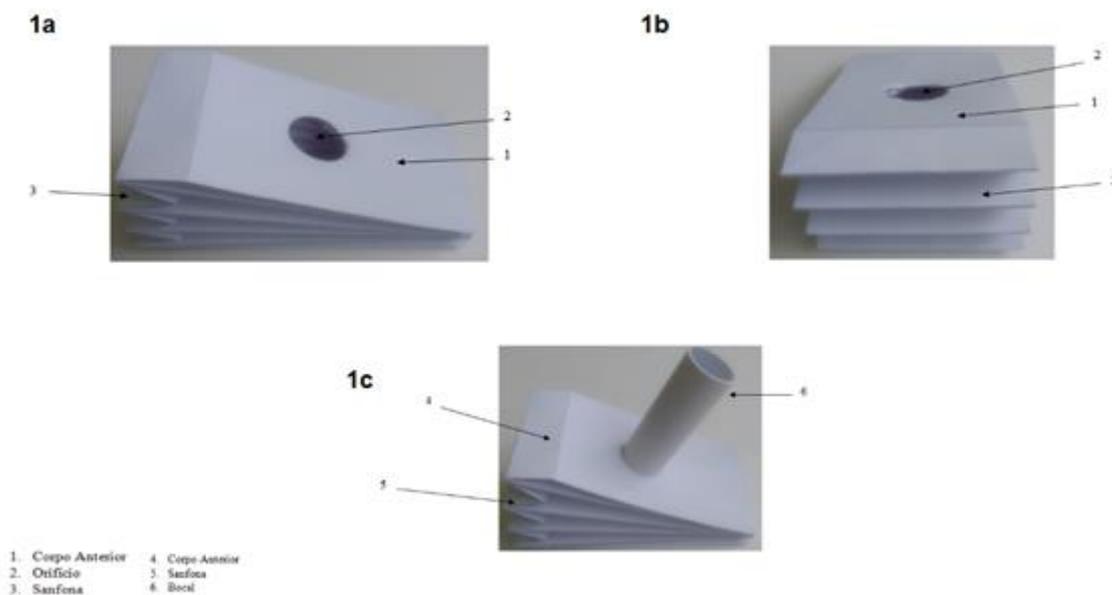
### *Desenvolvimento do Inspiratio*

O Inspiratio foi idealizado e desenvolvido por uma equipe composta por três fisioterapeutas que apresentavam experiência na área da Fisioterapia Respiratória.

Para os testes de comparação entre os dispositivos foram incluídos na equipe dois engenheiros biomédicos.

O dispositivo utilizado é composto por papel de corpo único, e pode ter 3 diferentes gramaturas, com dobras horizontais e verticais, que ao se unirem formam ângulos que remetem a figura de uma sanfona (Figura 1). Após realizado a dobradura e a colagem, o dispositivo apresenta orifícios que possibilitam a entrada e a saída do ar no dispositivo. Após a realização da montagem é utilizado um bocal no orifício que fica na porção medial do equipamento, com o objetivo de facilitar o fluxo inspiratório e expiratório (Figura 1). O dispositivo é composto por: corpo anterior (1); orifício central (2); um corpo posterior composto pelas dobras (3).

A resistência inspiratória e expiratória é gerada pelo número de dobras que compõem o dispositivo e pela gramatura do papel utilizado. Foram analisadas diferentes gramatura de papel, sendo elas: 205, 215 e 260 g/m<sup>2</sup>.



**Figura 1** - Ilustração do dispositivo *Inspiratio*, no plano lateral (1a), frontal (1b) e com bucal (1c)

#### *Comparação do Inspiratio com incentivadores de incentivo*

Foi realizada a comparação do *Inspiratio* com outros equipamentos que também utilizaram o fluxo como variável de funcionamento. Cada um destes dispositivos caracterizava-se por três colunas transparentes com esferas, que se elevam com a manobra ventilatória de inspiração máxima, sendo a pressão inspiratória obtida descrita

em cmH<sub>2</sub>O. O objetivo deste procedimento foi avaliar a equivalência do equipamento desenvolvido com aparelhos utilizados no mercado.

Os dispositivos foram avaliados no Serviço de Engenharia Biomédica do Hospital de Clínicas de Porto Alegre, e as variáveis mensuradas nos testes foram: Pressão Inspiratória Máxima ( $PI_{Máx}$ ) e Pressão Expiratória Máxima ( $PE_{Máx}$ ), fluxo, volume e níveis de CO<sub>2</sub> exalado (EtCO<sub>2</sub>), sendo todos os valores obtidos registrados em forma de valores e gráficos. Os testes de  $PI_{Máx}$  e  $PE_{Máx}$ , foram mensurados através de um Manovacômetro Digital MVD 300-U (Homed - São Paulo, Brasil), que realiza leituras inspiratórias e expiratórias. O fluxo foi mensurado pelo sensor de Fluxo Sensirion SFM3300-AW (Mouser Brasil, São Paulo, Brasil), e os níveis de EtCO<sub>2</sub>, através do Capnógrafo Medlab (Medlab, São Paulo, Brasil). Cada variável foi obtida com a conexão dos aparelhos a um Tubo-T desenvolvido pelo serviço de Engenharia Biomédica do HCPA.

#### *Análise estatística*

Foi utilizada estatística descritiva e inferencial, por meio da descrição das médias e desvios-padrão (DP) das variáveis e equivalência entre elas.

## **Resultados**

O Inspiratio foi desenvolvido e registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Carta Patente Nº BR 102021023052-5. Um dos objetivos para a criação do dispositivo, foi além de auxiliar na terapia utilizada, desenvolver aparelho de baixo custo e que fosse descartável, não necessitando passar por processo de esterilização.

O presente dispositivo apresenta a possibilidade de várias configurações, o fechamento e a abertura da sanfona podem exercitar também os músculos respiratórios, bem como proporcionar ao paciente um feedback visual, movimento característico dos incentivadores respiratórios. Suas variáveis são o tamanho, a gramatura e tipo do papel, e número de sanfonas ou dobras.

Primeiramente foi realizada uma análise do volume do equipamento a partir da largura do mesmo. Na tabela I, foi demonstrado o Volume em centímetros cúbicos contido no dispositivo nas diversas larguras e nas diferentes dobras (sanfonas). Estas dobras são responsáveis juntamente com a gramatura do dispositivo pela resistência imposta a manobra ventilatória. O dispositivo foi analisado em relação a sua área interna em centímetros cúbicos de acordo com sua largura, 7, 8 e 9 cm.

**Tabela I** - Análise de volume do dispositivo relacionado ao diferente número de dobras (sanfonas)

Sanfonas ou dobra	7 cm	8 cm	9 cm
1	216 cm <sup>3</sup>	258 cm <sup>3</sup>	300 cm <sup>3</sup>
2	432 cm <sup>3</sup>	516 cm <sup>3</sup>	600 cm <sup>3</sup>
3	648 cm <sup>3</sup>	774 cm <sup>3</sup>	900 cm <sup>3</sup>

Em relação a avaliação das gramaturas utilizadas, foram escolhidas 3 diferentes gramaturas baseadas na resistência inspiratória gerada, sendo elas:

- 1 - Produto infantil (resistência leve) - gramatura de 205 g gerando resistência de -10 cmH<sub>2</sub>O;
- 2 - Produto adulto (resistência moderada) - gramatura de 215 g gerando resistência de -20 cmH<sub>2</sub>O;
- 3 - Produto adulto (resistência alta) - gramatura de 260 g gerando resistência de -30 cmH<sub>2</sub>O.

Quando comparado o Inspiratio com 3 diferentes equipamentos disponíveis no mercado, o mesmo apresentou equivalência em relação as variáveis Pressão Inspiratória Máxima (PI<sub>Máx</sub>) e Pressão Expiratória Máxima (PE<sub>Máx</sub>), fluxo, volume e níveis de CO<sub>2</sub> exalado (EtCO<sub>2</sub>).

## Discussão

Este estudo foi realizado com o objetivo de desenvolver um equipamento de fisioterapia respiratória para pacientes internados no hospital e na unidade de terapia intensiva, possibilitando o aprimoramento da função pulmonar dos pacientes durante o atendimento fisioterapêutico, especialmente na beira do leito. Outro ponto a ser destacado foi a busca da inovação e do desenvolvimento tecnológico associados à saúde. Este equipamento é essencial no âmbito econômico e social, levando em conta as vantagens que proporciona ao profissional e ao paciente, bem como o impulso tecnológico relacionado a saúde e a sua acessibilidade.

Um estudo realizado por Barra *et al.* [12] demonstraram que há uma crescente construção de novas tecnologias nas últimas décadas, as quais buscam o desenvolvimento de ferramentas que possibilitam melhorias no desempenho dos usuários e nos resultados alcançados pelos pacientes nos mais diversos contextos, algo semelhante ao dispositivo apresentado em nosso estudo.

Os inspirômetros de incentivo são equipamentos que encorajam o paciente, por meio de um feedback visual, pois quando realizada uma inspiração máxima, numa única

tentativa, os volumes pulmonares aumentam, especialmente no período pós-operatório [13]. Após a realização da cirurgia, existe um comprometimento da função do sistema respiratório como a hipoventilação, prejuízo da respiração profunda, padrão respiratório monótono e diminuição da eficácia da tosse [14,15]. Assim, o desenvolvimento de ferramentas que permitam aprimorar a função muscular respiratória e melhorar os volumes pulmonares são de grande valia para o tratamento alcançar o efeito desejado.

Um importante fator a ser destacado com o desenvolvimento do Inspiratio foi que além de contribuir com o aumento dos volumes pulmonares pode auxiliar na força dos músculos respiratórios. Recentemente, Pascotini *et al.* [16] compararam a utilização de inspirômetro de incentivo a fluxo e a volume em idosos e demonstraram que ambos os incentivadores foram eficazes na melhora da função pulmonar, força muscular respiratória e mobilidade tóraco-abdominal em idosos saudáveis, mostrando-se bons aliados da fisioterapia respiratória.

A literatura é escassa quando se trata dos efeitos da utilização de inspirômetro de incentivo em pacientes saudáveis. Weindler e Kiefer [17] observaram que há um aumento significativo da  $PI_{máx}$  com a utilização de inspirometro de incentivo a volume e/ou fluxo no pós-operatório de cirurgia cardíaca e abdominal. Ainda, há dados na literatura demonstrando um efeito dos dispositivos sobre os volumes pulmonares e mobilidade tóracoabdominal, porém parece que o Inspirômetro a fluxo gera uma maior atividade muscular respiratória [18].

Este estudo apresenta como ponto positivo a inovação tecnológica em Fisioterapia assim como o desenvolvimento de um equipamento de baixo custo. Entretanto, devemos salientar algumas limitações do mesmo, tais como: o presente estudo visa a avaliação do desenvolvimento do equipamento não sendo o mesmo testado em pacientes, e ainda, a comparação clínica com diferentes ferramentas disponíveis. Nosso grupo de pesquisa já vem realizando ambos os estudos e futuramente poderemos discutir e apresentar tais dados.

## Conclusão

O desenvolvimento de equipamentos nacionais para a área da saúde deve ser estimulado, e o inspirometro de incentivo apresentado (Inspiratio) é de grande importância para profissionais atuantes em unidades de terapia intensiva, bem como aqueles que atuam na unidade de internação hospitalar, pois contribuiu diretamente com o aprimoramento da função pulmonar e dos músculos respiratórios dos pacientes. A tecnologia é um meio essencial para o crescimento e a melhora da atuação de

fisioterapeutas intensivistas e hospitalares, sugerindo que devemos investir em novas ferramentas tecnológicas que nos tragam benefícios para atender os pacientes.

#### Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

#### Fontes de financiamento

Não há fontes de financiamento.

#### Contribuição dos autores

*Concepção e desenho da pesquisa:* Jung A, Dias AS; *Coleta de dados:* Jung A, Ingrassia AFB, Silveira VS, Dias AS; *Análise e interpretação dos dados:* Jung A, Ingrassia AFB, Silveira VS, Forgiarini Junior LA, Dias AS; *Análise estatística:* Jung A, Forgiarini Junior LA, Dias AS; *Redação do manuscrito:* Jung A, Ingrassia AFB, Silveira VS, Forgiarini Junior LA, Dias AS; *Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante:* Forgiarini Junior LA, Dias AS

## Referências

1. Moreira FC, Teixeira C, Savi A, Xavier R. Changes in respiratory mechanics during respiratory physiotherapy in mechanically ventilated patients. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2015;27(2):155-60. doi: 10.5935/0103-507X.20150027
2. Barbas CSV, Ísola AM, Farias AMC, Cavalcanti AB, Gama AMC, Duarte ACM, et al. Recomendações brasileiras de ventilação mecânica 2013. Parte I. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2014;26(2):89-121. doi: 10.5935/0103-507X.20140017
3. França EE, Ferrari F, Fernandes P, Cavalcanti R, Duarte A, Martinez BP, et al. Fisioterapia em pacientes críticos adultos: recomendações do Departamento Fisioterapia da Associação de Medicina Intensiva Brasileira. *Rev Bras Ter Intensiva.* 2012;24(1):6-22. doi: 10.1590/S0103-507X2012000100003
4. Bartlett RH, Gazzaniga AB, Geraghty TR. Respiratory maneuvers to prevent postoperative pulmonary complications. A critical review. *JAMA.* 1973;224(7):1017-21.
5. Brasher PA, McClelland KH, Denehy L, Story I. Does removal of deep breathing exercises from a physiotherapy program including pre-operative education and early mobilization after cardiac surgery alter patient outcomes? *Aust J Physiother.* 2003;49(3):165-73. doi: 10.1016/S0004-9514(14)60236-1
6. Douce FH. Incentive spirometry and others aids to lung inflation. In: Barnes TA, editor. *Core Textbook of Respiratory Care Practice.* New York: Mosby; 1994. p. 231-41.
7. Restrepo RD, Wettstein R, Wittnebel L, Tracy M. Incentive spirometry: 2011. *Respir Care.* 2011 Oct;56(10):1600-4. doi: 10.4187/respcare.01471
8. Narayanan AL, Hamid SR, Supriyanto E. Evidence regarding patient compliance with incentive spirometry interventions after cardiac, thoracic and abdominal surgeries: A systematic literature review. *Can J Respir Ther.* 2016 Winter;52(1):17-26.
9. Yamaguti WPS, Sakamoto ET, Panazollo D, Peixoto CC, Cerri GG, Albuquerque ALP. Mobilidade diafragmática durante espirometria de incentivo orientada a fluxo e a volume em indivíduos saudáveis. *J Bras Pneumol.* 2010;36(6):738-45.
10. Pasotini, F. dos S., Ramos, M. de C., Silva, A. M. V. da, & Trevisan, M. E. Espirometria de incentivo a volume versus a fluxo sobre parâmetros respiratórios em idosos. *Fisioter Pesqui* 2023;20(4):355-60. doi: 10.1590/S1809-29502013000400009
11. Urell C, Westerdahl E, Hedenström H, Janson C, Emtner M. Lung Function before and Two Days after Open-Heart Surgery. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012:291628. doi: 10.1155/2012/291628
12. Barra DCC, Dal Sasso GTM. Tecnologia móvel à beira do leito: processo de enfermagem informatizado em terapia intensiva a partir da cipe 1.0®. *Text Context - Enferm.* 2010;19(1):54-63. doi: 10.1590/S0104-07072010000100006
13. Wattie J. Incentive spirometry following coronary artery bypass surgery. *Physiotherapy.* 1998;84:508-14
14. Arozullah AM, Conde MV, Lawrence VA. Preoperative evaluation for postoperative pulmonary complications. *Med Clinics North Am.* 2003;87:153-73. doi: 10.1016/s0025-7125(02)00151-7

15. Forbes AR, Horrigan RW. Mucociliary flow in the trachea during anesthesia with enflurane, ether, nitrous oxide and morfine. *Anesthesiology*. 1977;46:319-21. doi: 10.1097/0000542-197705000-00002
16. Pascotini FS, Ramos MC, Silva AMV, Trevisan ME. Espirometria de incentivo a volume versus a fluxo sobre parâmetros respiratórios em idosos . *Fisioter Pesqui*. 2023;20(4):355-60. doi: 10.1590/S1809-29502013000400009
17. Weindler J, Kiefer RT. The efficacy of postoperative incentive spirometry is influenced by the device: specific imposed work of breathing. *Chest*. 2001;119:1858-64.
18. Lunardi AC, Porras DC, Barbosa RC, Paisani DM, Silva CCM, Tanaka C, et al. Comparison of distinct incentive spirometers on chest wall volumes, inspiratory muscular activity and thoracoabdominal synchrony in the elderly. *Respir Care*. 2013. doi: 10.4187/respcare.02665



Este artigo de acesso aberto é distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons (CC BY 4.0), que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.