

# Desenvolvimento de um protótipo de degrau para avaliação da capacidade física de indivíduos saudáveis e portadores de doenças respiratórias e cardíacas#

## Development of a prototype step to evaluate the physical capacity of healthy individuals and patients with respiratory and heart diseases

98

Gabriela de Andrade Silva\*

Thamyres Figueiredo\*

Marcelo Porto Perillo\*\*

João Henrique Marques Venezuela \*\*

Henrique Takachi Moriya\*\*

Celso Ricardo Fernandes de Carvalho\*\*\*

Renata Cleia Claudino Barbosa\*

### Resumo

Testes do degrau são testes representativos das atividades físicas diárias que podem classificar diferentes graus de capacidade física de indivíduos saudáveis e não saudáveis avaliando as causas que limitam o esforço e a tolerância ao exercício. Apesar de serem amplamente empregados na prática clínica, atualmente existem diversos testes com variações na aplicação, padrões e tamanhos de degrau o que contribui para maior dificuldade de avaliação e interpretação do examinador. Assim, o objetivo do estudo foi produzir um degrau com sistema de software integrado para facilitar a avaliação e interpretação dos dados obtidos durante o teste do degrau incremental cadenciado externamente. Este estudo exploratório desenvolveu um protótipo de degrau, com a função de auxiliar os fisioterapeutas no monitoramento do teste em tempo real, enviando os resultados para um programa de computador. Os resultados poderão ser armazenados e tratados pelo programa a fim de que os eventos de erro sejam reconhecidos com mais facilidade. O degrau foi construído com Placa de madeira MDF; Tubo de borracha; Placa de alumínio; Fiação de cobre com revestimento isolante; Parafusos; Cantoneiras; Porca borboleta e revestimento de borracha. Além disso, para a comunicação com o computador, será preciso à confecção do circuito integrado, conectado a um microcontrolador, e também um cabo serial USB. O desenvolvimento de um instrumento único e padronizado, com a capacidade de identificar os erros e acompanhar o andamento do teste, pode ser um primeiro passo para um consenso e uniformização do teste.

**Palavras-chave:** Avaliação. Teste de degrau. Fisioterapia.

### Abstract

Step tests are tests representing the daily physical activities that can classify different degrees of physical capacity of healthy and non-healthy individuals evaluating the causes that limit stress and exercise tolerance. Despite being widely employed in clinical practice, currently there are several variations in the implementation, testing standards, and step sizes which contribute to greater difficulty in assessment and interpretation of the examiner. Thus, the objective of this study was to produce a step with an integrated software system to facilitate the evaluation and interpretation of the data obtained during the test from the incremental step clocked externally. This exploratory study has developed a prototype step to assist physiotherapists in monitoring real-time test, sending the results to a computer program. The results may be stored and processed by the program in order that the events are reconhecid error. The step was built with an MDF wooden board; Rubber tube; Aluminum plate; Copper wiring with insulation coating; Screws; Angles; Wing nuts and rubber flooring. In addition, for communication with the computer, the integrated circuit needs to be manufactured and connected to a microcontroller, as well as a USB serial cable. The development of a single, standardized instrument, with the ability to identify errors and track the progress of the test, can be a first step towards a consensus and standardization of the test.

**Keywords:** Evaluation. Exercise Test. Physical Therapy Specialty.

DOI: 10.15343/0104-7809.2017410198106

\*Centro Universitário São Camilo, São Paulo – SP, Brasil.

\*\*Laboratório de Engenharia Biomédica (LEB) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo, São Paulo- SP, Brasil.

\*\*\*Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo- SP, Brasil.

# A seção "Cientista Camiliano", estará presente na primeira edição de cada ano, da revista O Mundo da Saúde. Foi criada para prestigiar trabalhos premiados no maior evento científico do Centro Universitário São Camilo. Tais trabalhos, passam por todo o processo de análise e atendem às especificações de escopo e apreciação do corpo editorial do Periódico. Nesta edição, publicamos dois trabalhos premiados em 2016, de grande relevância na área da Farmácia e da Fisioterapia, respectivamente.

# The section "Camillian Scientist" will be present in the first edition of each year of the magazine O Mundo da Saúde. It was created for the works awarded in the largest scientific event of the Centro Universitário São Camilo. These works pass through the entire analytical process and meet the specifications of scope and appreciation of the journal's editorial staff. In this issue, we published two award-winning works from 2016 of great relevance in the areas of Pharmacy and Physiotherapy, respectively.

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## INTRODUÇÃO

A capacidade física pode ser avaliada por meio de testes de esforço máximo e submáximo. O teste de esforço máximo denomina-se teste de esforço cardiopulmonar também conhecido como ergoespirometria, atualmente, considerado padrão ouro<sup>1</sup>. Apesar disso, é um teste complexo que exige espaço, equipamentos de alto custo e profissionais treinados. Os testes de esforço submáximo podem ser empregados por meio dos testes de campo simples, visto que, são testes de baixo custo, maior tolerância, boa reprodutibilidade e maior relação com as atividades de vida diária<sup>2</sup>.

Dentre os testes de campo, destacam - se: o teste de caminhada dos seis minutos (TC6), teste incremental da marcha controlada do inglês *incremental shuttle walk test* (ISWT), e o teste do degrau (TD)<sup>3</sup>.

O TC6 é o mais popular e considerado o teste com maior facilidade de execução, visto que, requer um equipamento mínimo (um temporizador e um oxímetro de pulso) e um corredor de trinta metros que o avaliado é orientado a percorrer no período de 6 minutos. Outro teste que pode ser realizado para a avaliação da capacidade física é o ISWT caracterizado por estímulos sonoros que irão determinar o ritmo da caminhada, não há limite de tempo e o teste termina quando o indivíduo não acompanha o ritmo empregado<sup>2,4</sup>.

Dentro das variações dos testes físicos funcionais, os testes do degrau têm sido utilizados por serem testes práticos e de fácil execução dentro da rotina clínica<sup>5,6</sup>.

Os testes de degrau podem classificar diferentes graus de capacidade física dos indivíduos<sup>1</sup>. Os testes são baratos e portáteis, sendo que pode ser facilmente utilizado em ambientes de cuidados primários de indivíduos doentes<sup>7</sup>. O uso do degrau como forma de avaliação da capacidade física foi descrito pela primeira vez no início do século XX. Desde então, foram desenvolvidos vários protocolos de teste do degrau<sup>8</sup>.

Os testes de degrau começaram a se destacar, pois permitem avaliar um grande número de pessoas, são de baixo custo e facilmente transportados, rápidos e fáceis de realizar, exigem pouca prática para a realização e são

vantajosos para pesquisas epidemiológicas.

De acordo com Marrara et al.(2012) o ato de subir degraus envolve um trabalho contra a gravidade e o uso de grupamentos musculares não utilizados com frequência nas atividades cotidianas, o que o torna um teste com respostas fisiológicas distintas do teste de caminhada, além das demandas metabólicas e ventilatórias mais intensas para o mesmo. Devido a isso, esse teste é pouco utilizado em pacientes cardiopatas.

A altura do degrau e ritmos fixos exigidos durante todos os testes passou a ser visto como uma desvantagem, pois a altura fixa e o ritmo constante para indivíduos em diferentes níveis de aptidão física poderiam resultar em intensidade de trabalho inadequada e carga acima ou abaixo da capacidade individual, não tendo um resultado preciso sobre a capacidade física do paciente<sup>8</sup>. Atualmente, existem protocolos autocadenciados e cadenciados externamente.

No entanto os testes do degrau auto cadenciados utilizados em indivíduos saudáveis e doentes apresentam desvantagens sobre o seu uso, visto como o desempenho pode variar de acordo com o grau de motivação do indivíduo, são limitados pelo tempo e apresenta critérios subjetivos para a interrupção dos testes<sup>8</sup>.

Apesar das vantagens apresentadas pelos testes do degrau, conforme descrito previamente, existe uma grande diversidade de protocolos, dentre eles: o teste de dois degraus de Master, o teste do degrau de Harvard, o teste do degrau de Astrand-Ryhming, testes do degrau gradativo e o teste do degrau da Queen's College. Portanto, até a presente data não existe protocolos com ritmos e tamanhos de degrau padronizados o que contribui para maior dificuldade de avaliação e interpretação dos resultados em tempo real pelo examinador. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi desenvolver um degrau com sistema de software integrado para facilitar a avaliação e interpretação dos dados obtidos durante a realização do teste do degrau incremental cadenciado externamente, possibilitando posteriormente a diminuição do erro aleatório dos métodos de aferição, contribuindo desse modo, para o aumento da confiabilidade do teste<sup>8</sup>.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### *Casuística*

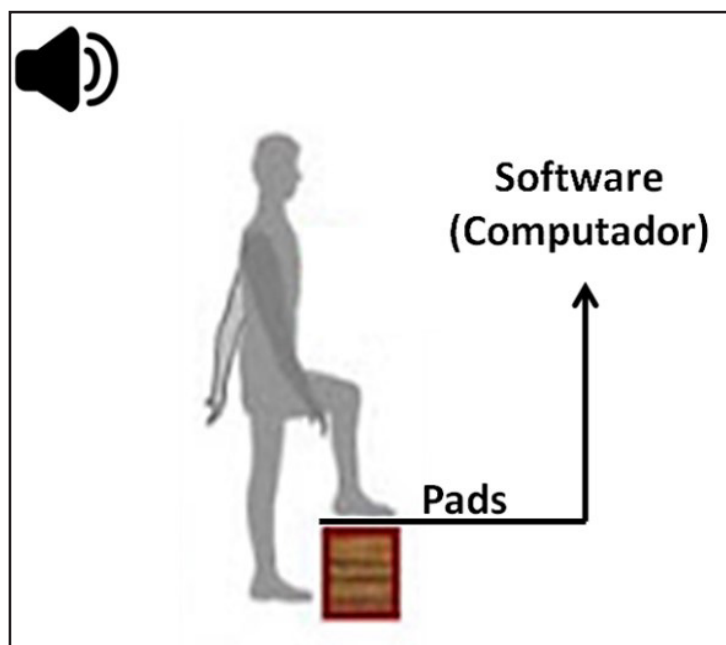
Este estudo exploratório é uma parceria do Centro Universitário São Camilo (CUSC) com o Laboratório de Engenharia Biomédica (LEB) - Escola Politécnica Universidade de São Paulo.

### *Delineamento do estudo*

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Engenharia Biomédica - Escola Politécnica Universidade de São Paulo com a participação do Centro Universitário São Camilo por um período de seis meses em

que foi desenvolvido um protótipo de degrau, respeitando as medições de 20 cm de altura, integrado com um software que permite a leitura e o armazenamento de dados diretamente no computador, através de um circuito integrado conectado a um microcontrolador (Arduino Uno) e um cabo serial USB (Universal Serial Bus), durante a realização do teste com a presença do sinal sonoro.

Essa interligação do degrau com o software possibilita ao avaliador um resultado preciso, revelando o desempenho do avaliado em tempo real com a possibilidade de interpretação durante o teste (Figura 1).



**Figura 1** – Interligação do degrau com o software - Realizado na LEB/EPUSP, no dia 01.OUT.2016. Elaborado pelos autores.

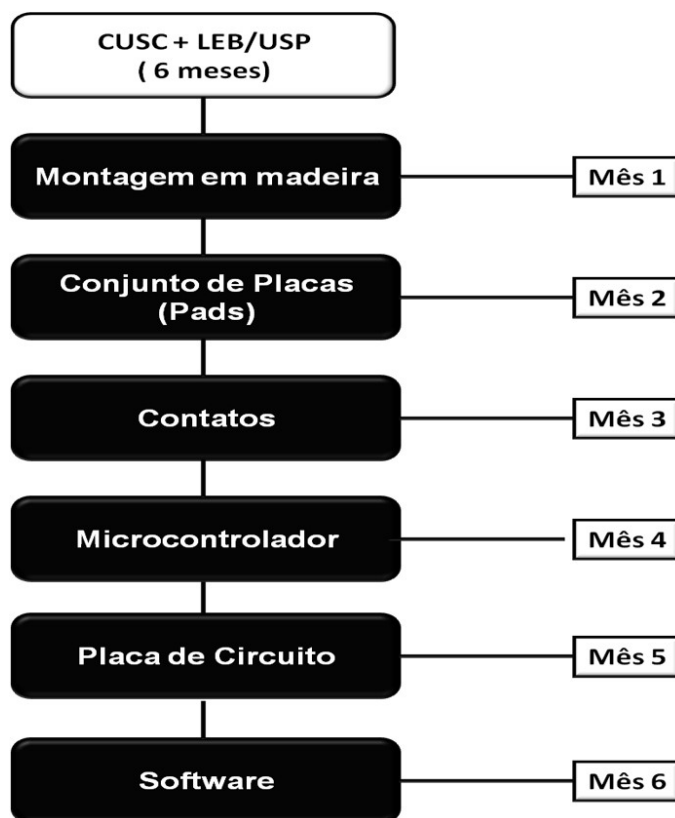
### *Degrau*

O protótipo de degrau projetado em parceria com alunos do LEB/EPUSP terá a função de auxiliar no monitoramento do teste em tempo real, enviando informações para um programa de computador. Os dados poderão ser armazenados e tratados pelo programa a fim de que os eventos de erro sejam reconhecidos com mais facilidade.

### *Processo de desenvolvimento do Protótipo*

O desenvolvimento do protótipo envolveu as seguintes fases: (1) Montagem em madeira; (2) Inserção do conjunto placa-contato (Pads); (3) Inserção dos contatos; (4) Inserção do microcontrolador; (5) Inserção da placa de circuito e (6) Desenvolvimento do software ( Figura 2).

## Organograma do Processo de Desenvolvimento:



Fonte: Organograma do Processo de Desenvolvimento – Realizado no LEB/ EPUSP, no dia 01.OUT.2016  
Elaborado pelos autores.

### Montagem

O degrau foi construído com liberdade para permitir o desenvolvimento do sistema de monitoramento, mas seguiu algumas necessidades básicas exigidas na literatura. A altura do degrau foi mantida em 20 cm, de acordo com as principais referências, o comprimento e largura, ambos de 60 cm, fornecem espaço suficiente para o movimento repetitivo e impreciso do avaliado durante o teste.

Estruturalmente, placas de 15 mm de espessura foram parafusadas criando o formato de degrau. Em seguida, uma placa mais espessa, de 18 mm, foi então parafusada no topo do degrau conferindo a capacidade de suportar cargas pesadas, de modo que os pacientes obesos também possam ser submetidos ao

teste. Tanto na placa superior do degrau quanto na placa de base para o chão foram parafusadas placas de MDF estreitas, também de 18 mm, para que se formassem os espaços que receberiam os Pads.

Por fim, para afixar a estrutura do degrau à estrutura inferior de base dos Pads, instalaram-se quatro cantoneiras em “L”, cuja função é impedir o deslocamento do degrau ou de sua base durante o teste, o que poderia desnortear o paciente expondo-o a riscos e prejudicando o resultado do teste.

### Pads (Conjunto placa-contato)

Denominou-se Pads a placa de MDF de 12 mm, sob a qual existirão os sensores de contato. Quatro placas foram cortadas para se encaixarem dentro das dimensões dos espaços

criados no degrau. Na parte inferior dos Pads serão instaladas 6 placas de alumínio em disposição matricial 2x3. A cada pequena placa de alumínio, um fio de cobre deverá ser afixado para transmitir o sinal de contato. Os fios assim que instalados foram posicionados dentro de sulcos criados nos Pads para que sua espessura e presença não interferissem no funcionamento dos sensores.

### **Contatos**

O contato corresponde às seis placas de alumínio de cada Pad que deverão entrar em contato com uma placa também de alumínio afixada por pregos e centralizada no espaço de encaixe para os mesmos. Esta placa maior será o Terra comum do circuito que permitirá o fechamento do circuito do sensor.

Quando não ativado, o contato precisa manter as placas de alumínio afastadas e para isso tubos de borracha de espessura de 0,6mm foram instalados às margens dos espaços de encaixe para o Pad. Assim que a pressão de uma pisada pressionar a placa a borracha deverá ceder e os metais se encostarão fechando o circuito elétrico que poderá sinalizar o evento.

### **Microcontrolador**

Foi utilizado um microcontrolador Arduino Uno para este projeto, com a função de receber e processar os sinais elétricos das placas de alumínio dos Pads, além de realizar

a comunicação com um computador. O microcontrolador registra se cada Pad está pressionado ou não, interpretando se isso consiste em um erro ou se o exame está ocorrendo normalmente.

Essas informações serão disponibilizadas no computador num formato de arquivo texto para que os resultados possam ser revisados após o teste.

### **Placa de circuito**

As placas de alumínio dos Pads foram conectadas a um circuito elétrico que tem a função de tratar o sinal e levá-lo até o microcontrolador. Para cada Pad existe um filtro analógico que limita o ruído do sinal a níveis aceitáveis de forma que o microcontrolador possa ler os estado de cada placa corretamente. Esse circuito foi fixado na parte de baixo do degrau mais alto de forma a ser o menos intrusivo possível.

### **Software**

O software recebe o sinal digital do microcontrolador, e, além de armazenar os dados em arquivos, é capaz de sinalizar os eventos de pisada, ou seja, os instantes que eles ocorreram. Isso é mostrado ao terapeuta avaliador por meio de uma interface computacional clara e objetiva, para que os resultados possam ser facilmente observados e revisados.

## **RESULTADOS**

O protótipo do degrau tem 20 cm de altura por 60 cm de largura o que dará ao indivíduo segurança e conforto na hora da realização do teste (figura 3).

Quando solicitado o teste do degrau a proposta é que o avaliado se posicione de frente para o degrau em cima da placa de Pads, na base inferior, onde existem 6 placas de alumínio internamente, como na base superior,

que após o contato, informará que o indivíduo está posicionado corretamente para o início do teste.

Ao comando do estímulo sonoro o indivíduo começará o teste deslocando um membro inferior da base inferior do degrau para a base superior (figura 4).

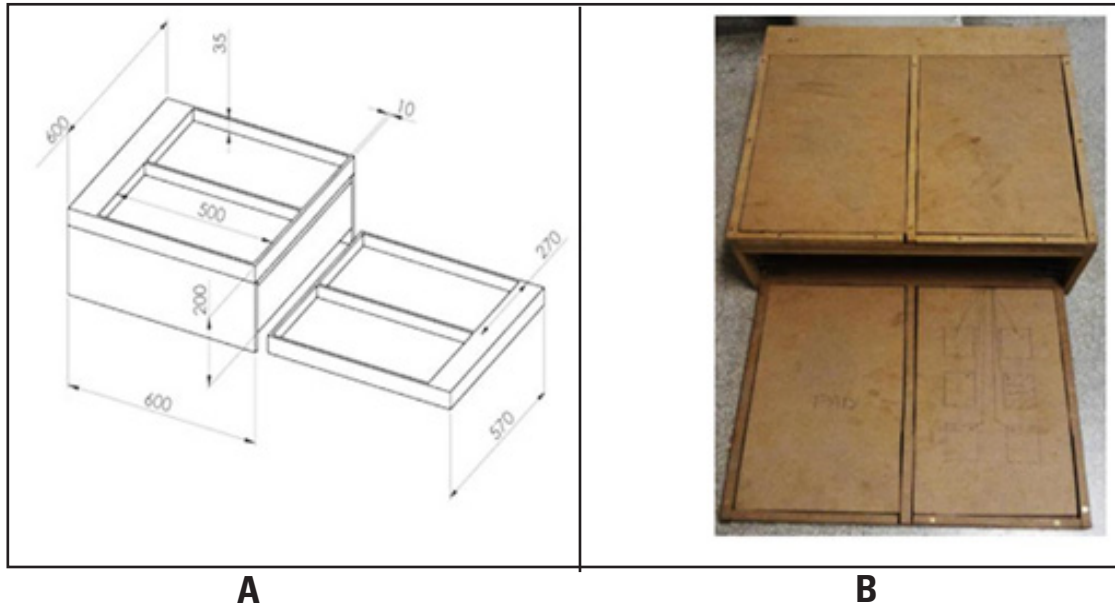
Ao pisar inteiramente no degrau o seu peso irá fazer com que a borracha ceda ocorrendo o



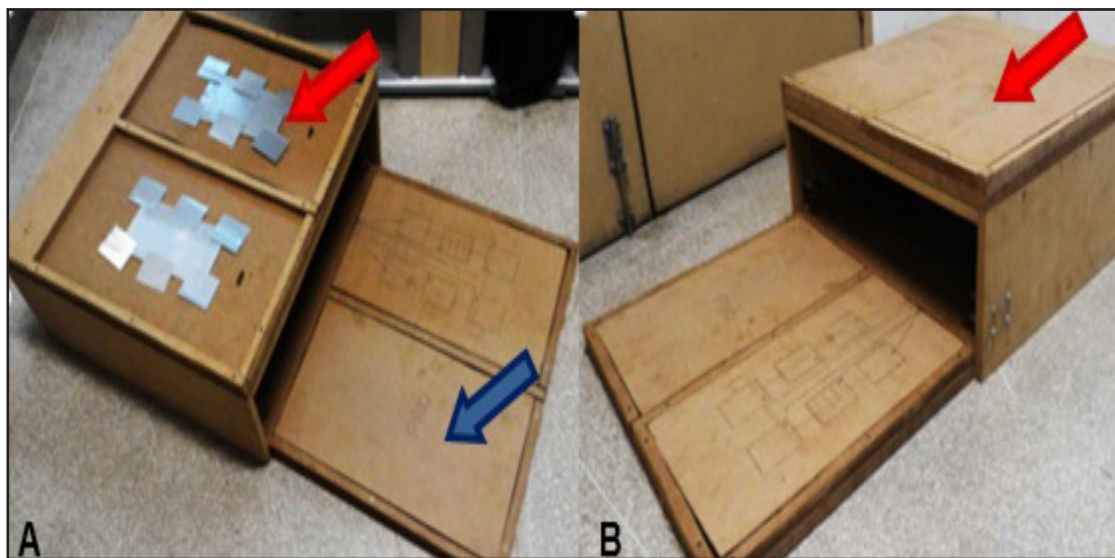
contato das placas de Pads fechando o circuito elétrico (figura 5).

O microcontrolador irá registrar se os Pads estão pressionados ou não, informando se o teste foi realizado de maneira correta. Essas

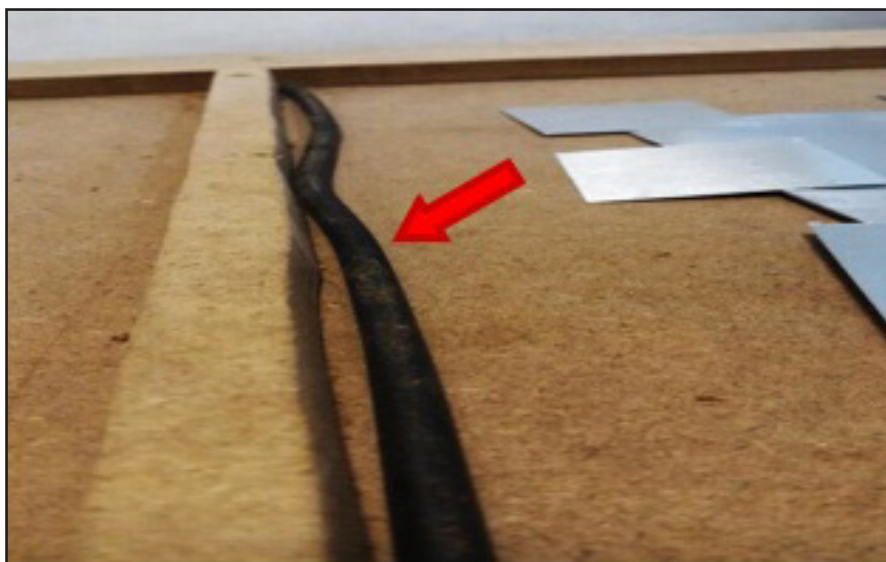
informações sairão do microcontrolador para um software através de fiação de cobre com revestimento isolante para uma placa de circuito onde serão armazenadas e interpretadas pelo terapeuta avaliador (figura 6).



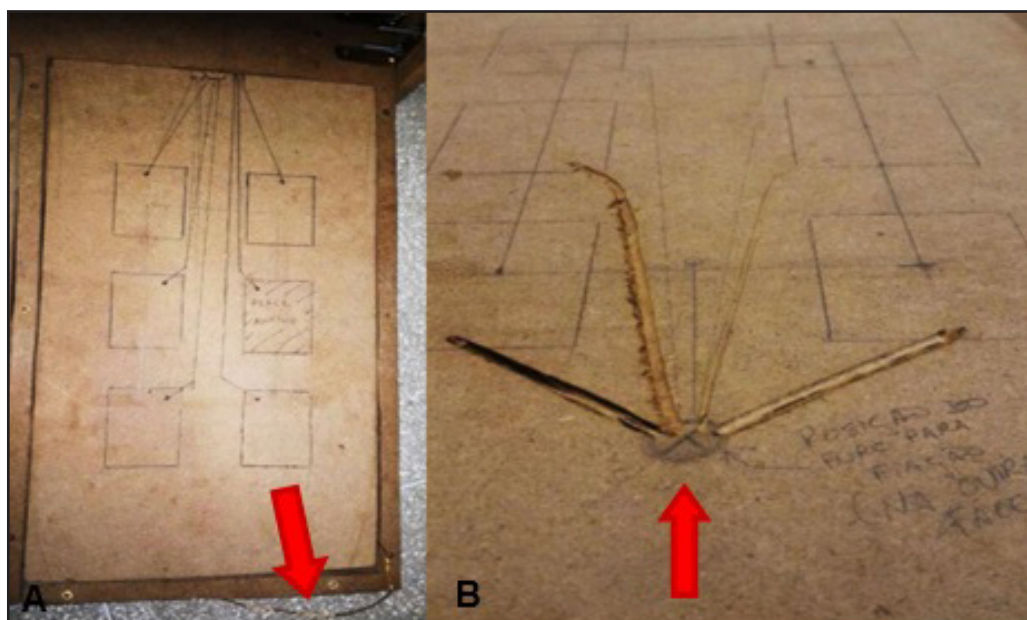
**Figura 3** – Projeto do protótipo do degrau realizado no CAD com dimensões da estrutura (A) e Protótipo do degrau (B). Realizado no LEB/EPUSP, no dia 22.SET.2016.



**Figura 4** – Placas de alumínio na base inferior e superior (A) e base superior onde acontecerá o contato entre as placas (B). Realizado no LEB/EPUSP, no dia 22.SET.2016.



**Figura 5** – Tubo de borracha internamente utilizado para manter as placas de alumínio afastadas quando não há contato. Realizado no LEB/EPUSP, no dia 22.SET.2016.



**Figura 6** – Fiação de cobre conectada com as placas de alumínio (A) e posição da instalação da fiação de cobre (B). Realizado no LEB/EPUSP, no dia 22.SET.2016.

## DISCUSSÃO

Os testes de degrau permitem avaliar um grande número de pessoas, são de baixo custo, podem ser facilmente transportados, rápidos e fáceis de realizar, exigem pouca prática para a realização e são vantajosos para pesquisas

epidemiológicas<sup>9</sup>. No entanto, os testes do degrau apresentam desvantagens, como a falta de padronização, a motivação do paciente pode interferir no desempenho durante o teste, são limitados pelo tempo e apresentam

subjetividade para a interrupção do teste e interpretação dos resultados variando de avaliador para avaliador<sup>8</sup>.

A falta de padronização é comprovada pela variação de testes do degrau que existem como, por exemplo, o teste de dois degraus de Master, o Harvard pack test (HPT), o teste do degrau de Chester entre outros. O teste de dois degraus de Master foi o primeiro teste do degrau a ser descrito, que consiste em subir e descer uma plataforma de dois degraus com 32cm de altura cada um, durante um tempo pré-estabelecido de 90 segundos, o ritmo é determinado a partir de tabelas baseadas no peso e na idade. Outro protocolo que existe é o teste HPT que é conduzido em um único degrau com 40cm de altura, a 30 degrau/min durante 5 minutos, no decorrer do teste os indivíduos devem carregar uma carga que corresponde a um terço de seu peso.

O teste do degrau de Chester é outro protocolo que tem quatro opções de alturas de degrau (15, 20, 25 ou 30 cm) podendo ser realizado com qualquer altura, no entanto, a altura deve permanecer a mesma durante todo o teste, a duração é de 10 minutos (em cinco estágios de 2 min), o ritmo é marcado com um metrônomo, começando a 15 degraus/min e aumentando cinco degraus a cada 2 min (15, 20, 25, 30 e 35 degraus/min, respectivamente, em cada um dos cinco estágios)<sup>9</sup>.

Em 2013, Dal Corso comparou as respostas fisiológicas máximas obtidas em um teste do degrau incremental modificado (TDIM) cadenciado externamente com ergômetro de 20 cm e o TECP em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e observou que o TDIM produziu respostas cardiopulmonares metabólicas máximas assim

como o TECP.

Ainda de acordo com Andrade et al., 2011, TDIM com ergômetro de 20 cm permite a avaliação das causas que limitam o esforço, a tolerância ao exercício e apresenta uma maior sensibilidade para detectar mudanças após as intervenções, pois é mais representativo das atividades físicas diárias. Além disso, O TDIM é um teste de baixo custo, podendo ser utilizado para a avaliação da capacidade física em locais com pouco espaço como ambulatórios, clínicas e domicílio do paciente. É um teste que é apropriado devido aos seus incrementos serem mais sutis, o que proporciona ao paciente manter o teste por mais tempo permitindo uma coleta de dados significativa para análise de um teste de alta intensidade<sup>7</sup>.

O protótipo do degrau é um produto inacabado que não foi comercializado, mas está em fase de testes ou de planejamento para uma melhor efetividade durante a realização do teste proposto, sem colocar em risco a saúde do indivíduo que será avaliado e para que os resultados não apresentem erros que possam colocar em dúvida a efetividade do teste. Com a conclusão do protótipo pretendemos realizar o teste do degrau em indivíduos saudáveis para testar a efetividade do degrau e do software para posteriormente realizar o teste em indivíduos não saudáveis.

O protótipo do degrau foi desenvolvido entre as equipes de fisioterapia do Centro Universitário São Camilo, Faculdade de Medicina USP e equipe de engenharia biomédica da Escola Politécnica da USP favorecendo aos envolvidos troca de conhecimento, aprendizagem e estabelecimento de um projeto maior de intervenção terapêutico em que possa oferecer novas tecnologias na assistência à saúde.

## CONCLUSÃO

O degrau desenvolvido, apesar de não ser comercializável (produto acabado), poderá ser um teste de prova eficiente para propor uma

padronização do teste do degrau, aumentando a confiabilidade dos resultados do teste.



## REFERÊNCIAS

1. VILARÓ, J.; RESQUETI, V.R.; FREGONEZI, G.A.F.. Avaliação clínica da capacidade do exercício em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. *Rev Bras Fisioterapia*. v.12, n.4, p. 249-259, 2008.
2. CAMARGO, Anderson A.; LANZA, Fernanda C.; TUPINAMBÁ, Thaiz; CORSO, Simone D. Reproducibility of step tests in patients with bronchiectasis. *Braz J Phys Ther*. v. 17, n. 3, p. 255-262, 2014.
3. Carmen STROESCU, MD; Diana IONITA, MD, PhD; Alina CROITORU, MD, PhD student; Claudia TOMA, MD, PhD; Bianca PARASCHIV, MD. The Contribution Of Exercise Testing in the Prescription and Outcome Evaluation of Exercise Training in Pulmonary Rehabilitation. *Maedica - A Journal Of Clinical Medicine*. Bucharest, p. 80-86. mar. 2012.
4. NEDER, José A.. Teste da Caminhada e do Degrau [Internet]. Brasília/DF: Sociedade Brasileira de Pneumologia e Tisiologia; 2007[citado em 2016 jun 14]. Disponível em: sbpt.org.br.
5. MARRARA, Kamilla T.; MARINO, Diego M.; JAMAMI, Maurício; JUNIOR, Antônio D. O.; DI LORENZO, Valéria A. P.. Responsividade do teste do degrau de seis minutos a um programa de treinamento físico em pacientes com DPOC. *J Bras Pneumol*. v. 38, n. 5, p. 579-587, 2012.
6. Pessoa BV, Arcuri JF, Labadessa IG, Costa JNF, Sentanin AC, Pires Di Lorenzo VA. Validity of the six-minute step test of free cadence in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Braz J Phys Ther*. 2014 May-June; 18(3):228-236. <http://dx.doi.org/10.1590/bjpt-rbf.2014.0041>
7. S. Dal Corso, S.R. Duarte, J.A. Neder, C. Malaguti, M.B. de Fuccio, C.A. de Castro Pereira and L.E. Nery. A step test to assess exercise-related oxygen desaturation in interstitial lung disease. *European Respiratory Journal*, [s.l.], v. 29, n. 2, p.330-336, 27 set. 2006. European Respiratory Society (ERS). <http://dx.doi.org/10.1183/09031936.00094006>
8. ANDRADE, Carlos H. S.; CIANCI, Reinaldo G.; MALAGUTI, Carla; CORSO, Simone D.. O uso de testes do degrau para a avaliação da capacidade de exercício em pacientes com doenças pulmonares crônicas. *J Bras Pneumol*. v. 38, n. 1, p. 116-124, 2012.
9. TRAVENSOLO, Cristiane F.; POLITO, Marcos D.. Testes de Degrau para Avaliação da Capacidade de Exercício em Pacientes com Doenças Cardíacas: Revisão de Literatura. *Rev Bras Cardiologia*. v. 27, n.6, p. 445-453, nov/dez. 2014.
10. HOLLAND, Ae et al. An official European Respiratory Society/American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *European Respiratory Journal*. European Respiratory Society, p. 1426-1446. dez. 2014. [http:// doi:10.1183/09031936.00150314](http://doi:10.1183/09031936.00150314).