

**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

João Miguel Campos Malta

**Canadiana/Muleta: Reflexão e Avaliação do  
Potencial deste Dispositivo**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

Trabalho efetuado sob a orientação de

**Professor Doutor Alexandre Ferreira da Silva**

**Professor Douto Pedro Souto**

18 de dezembro de 2017

## DECLARAÇÃO

**Nome:** João Miguel Campos Malta

**Endereço eletrónico:** [jmcmalta@gmail.com](mailto:jmcmalta@gmail.com)

**Telefone:** 918551600

**Número de Bilhete de Identidade:** 13563969

**Título da Dissertação:** Canadiana/Muleta: Reflexão e Avaliação do Potencial deste Dispositivo

### **Orientadores**

Professor Doutor Alexandre Ferreira da Silva

Professor Douto António Pedro Souto

**Ano de conclusão:** 2017

**Designação do Mestrado:** Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_

**Assinatura:** \_\_\_\_\_

***“Humildade, Trabalho e Resiliência”***

*Miguel Malta*



# AGRADECIMENTOS

---

A realização do trabalho aqui apresentado não teria sido possível sem o apoio e a contribuição de algumas pessoas, às quais quero transmitir os meus sinceros agradecimentos.

As primeiras palavras de agradecimento vão para os orientadores desta dissertação, Professor Alexandre Silva, Professor Pedro Souto e Doutoranda Beatriz Gonçalves, que propuseram o presente trabalho. Deles recebi amizade, sugestões e disponibilidade, que tornaram menos árida e mais aliciante a elaboração deste projeto.

Pela disponibilidade e contribuição para este trabalho, um caloroso agradecimento a todos os inqueridos e entrevistados, destacando as Profissionais de saúde Maria João Malta, Benedita Martinho e Carla Costa. Ao professor João Fonseca e Luís Brasileiro uma palavra de gratidão pela ajuda e contribuição durante a fase laboratorial.

Aos meus amigos Adriano Rodrigues, Humberto Marques, José Manuel Fonseca e José Cancela pela amizade e contribuição.

Por último, uma enorme palavra de agradecimento à minha família pela compreensão e paciência durante o meu longo percurso académico.



# RESUMO

---

O uso de canadianas surge na Europa Ocidental como forma de colmatar efeitos consequentes do uso prolongado da muleta axilar. Desde o seu aparecimento, verificou-se uma solidificação deste dispositivo no que toca à necessidade de restringir o suporte da carga do corpo nos membros inferiores ou no auxílio de locomoção.

Olhando para a história de evolução da canadiana, facilmente se verifica que esta pouco se alterou desde do seu conceito inicial, levantando a questão se esta terá atingido o seu potencial máximo, ou se é um produto negligenciado em termos de importância médica.

Estaremos assim na presença de um dispositivo subvalorizado? Ou será que existe margem para o desenvolvimento deste equipamento?

Ao longo desta dissertação, para além de serem respondidas estas questões, procurou-se analisar o estado atual deste dispositivo.

Foram recolhidas as opiniões de vários utilizadores de canadianas, profissionais de saúde e comerciais de saúde. Desta forma, procurou-se entender e descortinar qual a importância da canadiana nos vários intervenientes. Procuraram-se reunir elementos em comum, entre os vários grupos, capazes de sustentar uma abordagem para o melhoramento deste dispositivo. Identificadas as principais necessidades da canadiana, os resultados indicaram para a hipótese de melhorar as interfaces canadiana/utilizador. Em concreto, os dados obtidos durante a fase de contacto com o público alvo, apontaram para o punho como componente crítico.

De acordo com estudos anteriores, procurou-se ajustar uma metodologia capaz de analisar e avaliar o desempenho, a nível de distribuição de pressões dos vários modelos de punhos existentes no mercado. Identificado a punho da Sidestix como melhor desempenho no que toca à distribuição das pressões ao longo do punho, foram desenvolvidos cinco protótipos diferentes a partir deste modelo para verificar o comportamento que a alteração de área de contacto pode ter na distribuição das pressões.

Observou-se, ao longo deste estudo, que existe abertura dos utilizadores para a aquisição de componentes personalizados à sua utilização. A inexistência de opções personalizadas oferece a oportunidade para a criação de um sistema que consiga responder às principais necessidades dos utilizadores crónicos deste tipo de dispositivos de locomoção.

**Palavras chave:** Dispositivo de locomoção; Canadiana; Punho.



# ABSTRACT

---

The use of crutches appears in Western Europe as a way to overcome the effects of prolonged use of the axillary crutch. Since its appearance, there has been a solidification of this device in order to restrict the support of the body's load on the lower limbs or the aid of locomotion.

Looking at the evolutionary history of crutches, one can easily see that these have changed little since their initial concept, raising the question whether they have reached their full potential or whether they are a neglected product in terms of medical importance. Are we in the presence of an undervalued device? Or is there room for development of this equipment?

Throughout this dissertation, in addition to answering these questions, we sought to analyze the current state of this device.

Initially, the feedback of various crutch users, health professionals and health commercials were collected. This way, we tried to understand and discover the importance of the device in the daily life of these groups. They sought to bring together elements in common among the various groups capable of sustaining an approach to the improvement of this device. During the main needs' identification phase, the results indicated the possibility for improvements in the device-user interfaces. In particular, the data obtained during the interviews / surveys phase, pointed to the grip as a critical component.

According to previous studies, it was tried to fit a methodology capable of analyzing and evaluating the performance of the various models of grips existing in the market. Sidestix's grip had the best performance in terms of the pressures distribution along the grip, five different prototypes were developed from this model to verify the behavior that the change of contact area can have in the distribution of pressures.

It was observed that users are open to the purchase of components customized to their use. The lack of personalized options offers the opportunity to create a system that can respond to the main needs of chronic users of this type of locomotion devices.

**Keywords:** Walking device; Crutch; Grip



# ÍNDICE

---

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação .....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia .....	2
1.4 Contribuições .....	3
1.5 Organização da dissertação.....	4
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Enquadramento histórico .....	7
2.2 Auxiliares de locomoção.....	8
2.3 Canadiana.....	10
2.3.1 Modelos e Patentes .....	10
2.3.2 Estruturas e Componentes .....	16
2.4 A Biomecânica da Canadiana .....	19
2.4.1 Análise da Marcha Humana .....	19
2.4.2 Análise da Marcha Humana com Canadianas .....	21
2.4.3 Análise Biomecânica de Punhos .....	23
<b>3. ANÁLISE DA CANADIANA .....</b>	<b>27</b>
3.1 Utilizadores de Canadianas.....	28
3.2 Características da Canadiana .....	31
3.3 Manutenção da Canadiana .....	34
3.4 Limitações da Canadiana .....	35
3.5 Profissionais de Saúde .....	38
3.6 Comerciais de saúde .....	40
3.7 Considerações Finais .....	41
<b>4. ANÁLISE DO PUNHO .....</b>	<b>45</b>
4.1 Seleção de punhos.....	45
4.2 Métodos de análise.....	47
4.2.1 Metodologia para análise geométrica .....	47
4.2.2 Metodologia para análise de forças .....	48
4.3 Análise Geométrica.....	49
4.4 Distribuição de Pressões .....	50
<b>5. DESENVOLVIMENTO TÉCNICO .....</b>	<b>57</b>
5.1 Abordagem.....	57
5.2 Prototipagem.....	58
5.3 Caracterização e validação.....	61
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>67</b>
<b>ANEXO A - Publicações .....</b>	<b>69</b>
<b>ANEXO B - Inquéritos.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXO C - Datasheet.....</b>	<b>95</b>



# LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1 -	Registos de alguns dispositivos de locomoção mais antigos [5].....	8
Figura 2 -	Tipos de Muletas. ....	10
Figura 3 -	a) Canadiana Standard; b) <i>Flamingo</i> ; c) <i>iWalk</i> [8,9].....	14
Figura 4 -	Patente Norte-Americana para modelo de muleta assento. ....	15
Figura 5 -	Estrutura de Canadianas. ....	16
Figura 6 -	Diferentes tipos de ponteiros da Canadiana.....	17
Figura 7 -	Sistema de molas para auxílio da marcha.....	18
Figura 8 -	Punhos. ....	18
Figura 9 -	a) Abertura lateral, frontal e $\frac{3}{4}$ ; b) Braçadeira com revestimento em pele.....	19
Figura 10 -	Análise da marcha humana.....	20
Figura 11 -	Pegada humana em areia. ....	21
Figura 12 -	Marcha com canadianas [22]. ....	22
Figura 13 -	Marcha com canadianas: a) Marcha a três pontos; b) Marcha a dois pontos; c) Marcha a um ponto. ....	23
Figura 14 -	Formas dos quatro protótipos analisados no artigo. ....	24
Figura 15 -	Zonas da mão utilizadas durante a análise de desconfortos e distribuição de pressões.....	25
Figura 16 -	Distribuição dos utilizadores de uma e duas canadianas.....	28
Figura 17 -	Conjunto das distribuições de acordo com: a) Género dos utilizadores; b) Idade; c) Altura.....	29
Figura 18 -	Distribuição dos utilizadores de acordo com a patologia inerente à utilização de canadianas.....	30
Figura 19 -	Processo de aprendizagem.....	30
Figura 20 -	Distribuições dos indivíduos utilizadores de uma canadiana de acordo com o método de aprendizagem.....	31
Figura 21 -	Locais onde os utilizadores adquiriram o seu equipamento. ....	32
Figura 22 -	a) Intervalos de preços das canadianas mais verificados; b) Tipos de ponteiros mais utilizadas pelos inqueridos; c) Tipos de punhos mais utilizados pelos inqueridos..	33
Figura 23 -	a) Distribuição dos tipos de braçadeiras mais utilizadas; b) Tipos de braçadeiras mais utilizadas segundo os utilizadores de uma ou duas canadianas. ....	34
Figura 24 -	Distribuição do intervalo de tempo entre substituições de equipamento. ....	35
Figura 25 -	a) Desconforto/dor dos utilizadores de uma e duas canadianas. b) Zonas de	

desconforto e/ou dor.....	36
Figura 26 - Limitações: a) Espaços públicos; b) Limitações em transportes. ....	37
Figura 27 - Melhorias apontados pelos utilizadores de canadianas.....	38
Figura 28 - Patologias mais frequentes.....	38
Figura 29 - Principais funções da canadiana. ....	39
Figura 30 - Causas para o abandono da canadiana. ....	40
Figura 31 - a) Punho Standard Orthos XXI (modelo CN C8 AL ARO MOV P.NYLON); b) Punho Standard Orthos XXI(modelo CN C8 INTEGRAL ARO MOV P.MACIO); c) Punho Suave Orthia; d) Punho ergonómico Sidestix.....	46
Figura 32 - <i>Polhemus FastSCAN 3D Laser Scan</i> . Imagem recolhida pelo <i>FastSCAN</i> . ....	47
Figura 33 - a) Modelo para recolha de data (Arduíno + sensores) ;b) Esquema da distribuição dos sensores na mão do utilizador.....	48
Figura 34 - Dimensões Punho <i>Orthos XXI</i> (standard) - dimensões em mm.....	49
Figura 35 - Dimensões Punho <i>Orthia</i> - dimensões em mm.....	50
Figura 36 - Dimensões Punho <i>Sidestix</i> - dimensões em mm.....	50
Figura 37 - Esquema de sensores de pressão na palma da mão do utilizador. ....	51
Figura 38 - Análise da marcha do modelo.....	52
Figura 39 - Potenciais de cada sensor. Punho Standard <i>Orthos XXI</i> (modelo CN C8 AL ARO MOV P.NYLON). ....	53
Figura 40 - Saturação dos sensores de acordo com os tipos de punhos observados. a) Referência, <i>Orthos XXI</i> ; b) Canadiana standard <i>Orthos XXI</i> ; c) <i>Sidestix</i> ; d) <i>Orthia</i> .....	55
Figura 41 - Silicose de condensação. ....	58
Figura 42 - Molde negativo do Punho Referência.....	59
Figura 43 - Protótipos de silicones. ....	60
Figura 44 - Punho nº 2 e 3. Zonas alteradas. ....	60
Figura 45 - Esquema para conceção dos punhos nº 4 e 5. ....	61
Figura 46 - Perfil de carga para os diferentes protótipos.....	63

# LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1 -	Propriedades dos dispositivos de Locomoção.....	9
Tabela 2 -	Modelos mais verificados farmácias e lojas ortopédicas.....	11
Tabela 3 -	Modelos customizados/ protótipos. Verificados apenas no mercado on-line. ...	13
Tabela 4 -	Patentes Internacionais. ....	13
Tabela 5 -	Percentagem de área com pressão superior a 4kg/cm <sup>2</sup> (392kPa). ANOVA 95%[24]. ....	26



# 1. INTRODUÇÃO

---

Neste capítulo é feito um enquadramento da atual dissertação, sendo expostas as motivações que conduziram ao desenvolvimento desta investigação e são, também, clarificados os objetivos do trabalho proposto. Por último é explicada a organização e estrutura deste documento.

## 1.1 Motivação

O uso de canadianas é generalizado em reabilitação. Clinicamente, a necessidade de restringir o suporte da carga do corpo nos membros inferiores é muitas vezes indicada para patologias destes membros, nomeadamente em fraturas, artroplastias, condições reumáticas ou doenças vasculares.

Para os indivíduos que não devem apoiar na totalidade o peso do corpo nos seus membros inferiores, a escolha de dispositivos de auxílio ambulatorio é restrita a muletas/canadianas e andarilhos (ou porventura a cadeira de rodas), mas que devido à maior mobilidade que aqueles permitem, as muletas/canadianas são geralmente escolhidas tanto para pacientes mais novos como para mais idosos.

Analisando a história de evolução da muleta/canadiana, facilmente se verifica que estas não sofreram modificações significativas desde do conceito inicial, levantando a questão se estas terão atingido o seu potencial máximo, ou se são um produto negligenciado em termos de

importância médica.

Esta proposta de tema de dissertação procura responder a esta dúvida, realizando um estudo do atual conceito de muleta/canadiana e desenvolvendo soluções para um conceito novo e eficaz. Uma visão holística foi idealizada, que abrangeu desde o projeto, materiais e processos, até usabilidade e ergonomia.

## 1.2 Objetivos

Os auxiliares de marcha, como muletas, canadianas ou andarilhos, são utilizados por indivíduos de várias idades e com diferentes patologias. Qualquer indivíduo onde se revele comprometida a habilidade de caminhar, seja esta de origem neurológica ou mecânica, pode utilizar dispositivos de locomoção de forma a melhorar o desempenho da sua marcha [1].

A prescrição destes dispositivos envolve detalhes como a capacidade que o utilizador tem para operar o dispositivo. Além desta consideração, outros objetivos como: aumento da estabilidade e do equilíbrio, redução ou eliminação da pressão sujeita nos membros inferiores, e compensação pela perda de força muscular são aspetos igualmente importantes [2].

Este estudo apresenta como principal objetivo a avaliação do estado atual da canadiana, ou seja, analisar a viabilidade e desempenho da canadiana, procurando responder às questões:

*Terá ou não sido negligenciado o desenvolvimento da muleta/canadiana?*

e

*Será que existe margem para melhoramento deste dispositivo?*

A resposta a estas questões foi obtida pela análise conceptual deste dispositivo com a identificação de lacunas existentes nos vários tipos de canadianas. Formulou-se e apresentou-se uma proposta de melhoramento, na possibilidade de realmente se verificar viável. Só assim será possível alcançar uma validação e caracterização de um possível protótipo.

## 1.3 Metodologia

Karl T. Ulrich e Steven D. Eppinger [3], autores do livro *Product Design and Development*, idealizaram uma abordagem para o desenvolvimento e melhoramento produtos. A metodologia por eles apresentada foi um dos maiores condutores para o desenvolvimento desta dissertação de forma válida e credível, e assim poder responder à questão que se coloca, será que a muleta/canadiana oferece margem para o seu desenvolvimento?

O desenvolvimento desta dissertação partiu por:

- i. identificar as necessidades dos utilizadores crónicos, e como crónicos foram considerados aqueles que utilizam a(s) canadiana(s) por períodos de tempo superiores a seis meses;
- ii. identificar o componente crítico da canadiana e sua análise;
- iii. reajustar o elemento crítico para melhoria do seu desempenho;
- iv. avaliar o desempenho das alterações efetuadas no componente crítico.

Assim foi proposto um plano de desenvolvimento para o estudo de revisão da muleta/canadiana [3].

Inicialmente, através do contacto com utilizadores crónicos, terapeutas e comerciais, obtiveram-se dados para a identificação das necessidades atuais específicas do utilizador de canadianas. Foi, deste modo, possível determinar o que realmente afeta diretamente o utilizador, possibilitando estabelecer alvos específicos de ação. Desta forma, traduziu-se a opinião deste grupo de indivíduos em especificações.

É importante referir que desta análise surgiram respostas de diferentes grupos de intervenientes, mas que podem ser enquadradas dentro do mesmo contexto, não esquecendo que a maior preocupação neste estudo é a opinião do utilizador.

Finalizada esta fase de identificação de necessidades, surgiu a análise do componente crítico. Durante esta tarefa, foram analisados vários modelos de canadianas, mais particularmente o componente crítico. Toda a informação compilada anteriormente será agora preponderante para o reajuste do conceito.

Seguidamente, partiu-se para a conceção de vários protótipos representativos de todo o trabalho realizado até aqui, protótipos que procuraram satisfazer determinadas necessidades dos utilizadores.

Por último, estes protótipos foram sujeitos a uma caracterização e validação confirmando que o que foi feito anteriormente se verifica na realidade [1].

## **1.4 Contribuições**

Os dispositivos de locomoção são cada vez mais um recurso no que toca à terapêutica de lesões nos membros inferiores bem como no auxílio da marcha humana. Existem indivíduos com utilização temporária, onde o uso da canadiana se reflete em curtos intervalos de tempo (inferiores a seis meses), e utilizadores prolongados. De forma a colmatar as principais limitações deste dispositivo, o foco deste estudo direcionou-se para este último grupo de

utilizadores.

Ao longo dos tempos, verificou-se que a canadiana advém de uma evolução conceptual de determinados dispositivos de locomoção. De forma a combater determinadas limitações destes dispositivos surgem os primeiros modelos de canadianas. No entanto, esta evolução a determinado momento parece ter estagnado, não se verificando grandes alterações a nível conceptual.

Este estudo procurou responder e desmistificar as principais razões para existir tal paragem na sua evolução, e entender o que levou à desaceleração do desenvolvimento da canadiana.

Em mais detalhe, assumiu-se um compromisso em reunir toda a informação relevante, para se conseguir redefinir e/ou atualizar o conceito deste dispositivo. Saber o que leva os utilizadores a procurarem determinados modelos, desde a forma do punho até ao tipo de braçadeira mais eficaz.

Finalmente, após caracterização de diferentes modelos de punhos obtiveram-se diferentes distribuições das pressões na palma da mão. Através desta análise foi possível estabelecer uma correspondência entre a melhor distribuição. Só desta forma foi possível desenvolver um protótipo de um punho de acordo com melhorias na distribuição das pressões sujeitas na mão e conforto para o utilizador.

Assim, foi possível convergir toda a informação, procurando aumentar a eficiência e diminuir as repercussões da utilização da canadiana, melhorando a qualidade de vida de quem usa diariamente este dispositivo diariamente.

## **1.5 Organização da dissertação**

No capítulo introdutório é feito um enquadramento da atual dissertação, sendo apresentadas as motivações que levaram ao desenvolvimento deste estudo e são, também, clarificados os objetivos do trabalho proposto.

O segundo capítulo apresenta uma revisão bibliográfica. É feita uma contextualização histórica dos dispositivos de locomoção, bem como um levantamento dos vários tipos de auxiliares de locomoção existentes. Seguidamente é analisada a canadiana individualmente, identificando os vários componentes que a constituem. Para terminar este capítulo é exposto uma análise biomecânica de vários punhos de canadianas.

Durante a conceção, capítulo três, são abordadas as necessidades do dispositivo. Este capítulo compila toda a informação consequente dos inquéritos realizados a utilizadores crónicos de canadianas, profissionais de saúde e comercias de saúde. Deste capítulo surge a

publicação do artigo acadêmico “Canadiana - Qual o estado atual deste dispositivo?”. Este artigo participou no 7º Congresso Nacional de Biomecânica, onde foi premiado como melhor estado de arte do congresso (ANEXO A).

O capítulo quarto e cinco abordam questões de natureza prática. No capítulo quatro, são analisados vários punhos comercializados. Através de sensores colocados na interface mão/punho, analisou-se a distribuição das pressões ao longo das faces do punho. Assim procurou-se entender qual a melhor forma de punho disponível no mercado. Neste seguimento, durante o capítulo cinco são abordados vários protótipos de punhos, sempre com a convicção de melhorar a distribuição de pressão na interface.

Finalmente, no sexto capítulo é proposto um conjunto de possíveis sugestões de trabalho futuro e são apresentadas as conclusões do trabalho realizado. Neste capítulo são, também, exibidas algumas contribuições científicas redigidas ao longo desta dissertação.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

---

Qualquer indivíduo, onde se revele comprometida a habilidade de caminhar, seja esta de origem neurológica ou mecânica, pode utilizar dispositivos de locomoção, de forma a melhorar a desempenho da sua marcha [2,3].

São inúmeros os tipos, formas ou designs que os dispositivos de locomoção podem adquirir. Estes aspetos variam de acordo com as características que os utilizadores procuram para os seus requisitos [1].

### 2.1 Enquadramento histórico

A canadiana é possivelmente um dos dispositivos médicos mais antigos da história. Este foi desenvolvido para auxiliar o homem que, por motivos de doença ou lesões, apresenta uma limitação ao nível da locomoção.

Desde os Egípcios até aos Romanos, passando pela Idade Média, os dispositivos de locomoção são dos dispositivos médicos mais antigos da história (Figura 1).

Estes dispositivos vêm sofrendo atualizações, desde materiais passando por formas ou até criação de novos conceitos de locomoção.



Figura 1 - Registos de alguns dispositivos de locomoção mais antigos [5].

## 2.2 Auxiliares de locomoção

A partir da ilustração anterior (Figura 1), foi possível estabelecer o ponto de partida para este estudo.

Foram consideradas apenas canadianas, contudo, é importante abordar dispositivos como bengalas, muletas e/ou andarilhos, de forma a ter uma visão mais técnica do potencial que pode ser aplicado neste estudo.

Observou-se que, com base nestes três tipos de dispositivos, existem diferentes graus de prescrição de acordo principalmente com o equilíbrio/ estabilidade do utilizador, correspondendo a indivíduos mais estáveis a bengala e aos menos o andarilho, considerando para um grau intermédio de estabilidade as muletas/canadianas (Tabela 1). Verificou-se que, relativamente à energia necessária para operar cada um dos dispositivos, a bengala assume-se como o aparelho com menor dispêndio energético, contrariamente o andarilho revela-se como o maior consumidor de energia por parte do utilizador.

A maior diferença visível entre canadianas e bengalas reside no prolongamento da barra de contacto com o solo, visto que nas muletas/canadianas esta se prolonga até à zona axilar (em muletas) ou à zona do cotovelo (em canadianas), enquanto que nas bengalas cinge-se apenas até à zona do punho.

Em relação ao andarilho, a maior diferença reside nas bases de apoio, que contrariamente aos dispositivos anteriores, este contém quatro pontos de apoio. Este ponto sugere que em detrimento da facilidade de locomoção verificar-se-á um aumento da estabilidade do utilizador. Observou-se ainda que, regra geral, os materiais que os constituem são comuns aos três tipos, sendo o alumínio para as barras e a borracha para os punhos [5].

**Tabela 1 - Propriedades dos dispositivos de Locomoção.**

	<b>Bengala</b>	<b>Muleta/Canadiana</b>	<b>Andarilho</b>
<b>Pontos contacto solo</b>	1	1	4
<b>Desgaste Energético Utilizador</b>	+	++	+++
<b>Limitação Locomoção Utilizador</b>	+	++	+++
<b>Estabilidade Utilizador</b>	+++	++	+

As muletas/canadianas são utilizadas por indivíduos que necessitam de transferir, para os seus braços, maiores quantidades de força que não conseguiriam com a utilização de bengalas.

Hoje em dia existem inúmeros representantes de dispositivos deste tipo, sendo cada um deles especialistas em determinadas características deste tipo de equipamento. Neste ponto, serão descritos alguns tópicos relacionados com o tipo de muletas/canadianas existentes no nosso quotidiano.

As muletas podem ser divididas em cinco tipos (Figura 2) [6]:

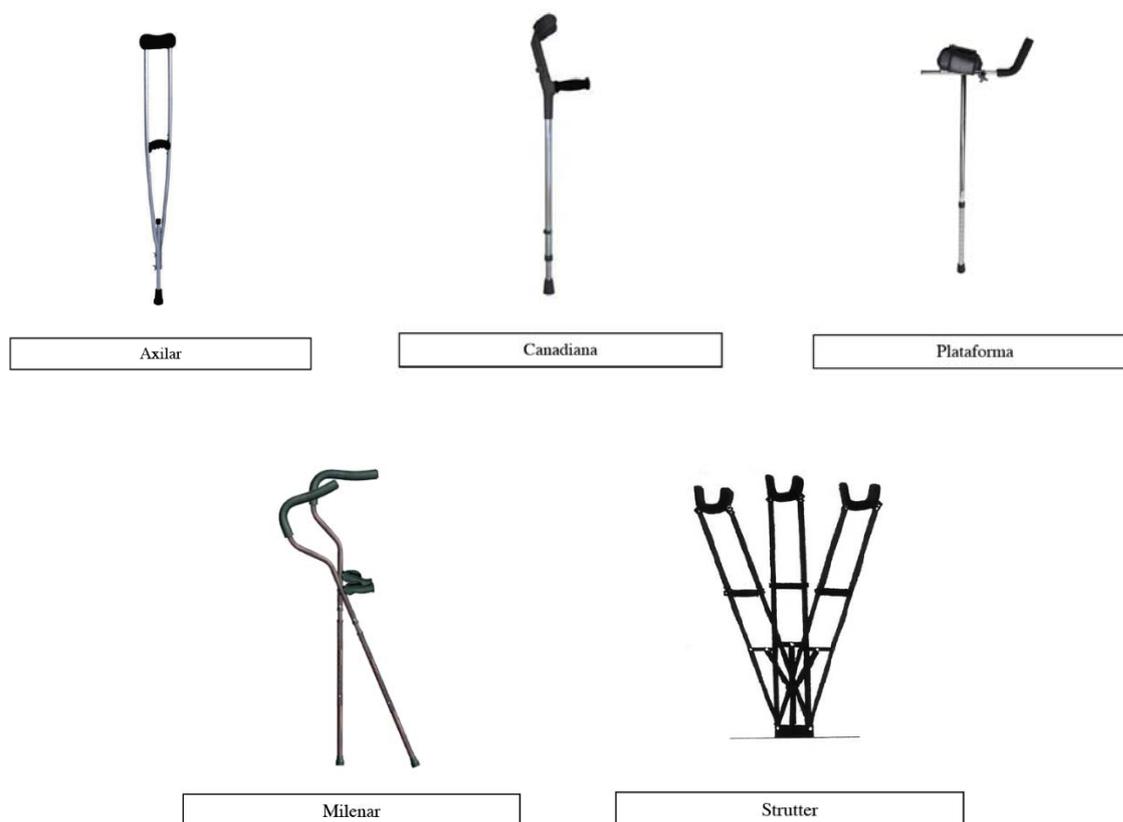


Figura 2 - Tipos de Muletas.

Dentro destes tipos de dispositivo, serão considerados principalmente modelos de canadianas, uma vez que este tipo se tornou culturalmente popular entre utilizadores na Europa Ocidental.

## 2.3 Canadiana

A canadiana surge com o objetivo de substituir a muleta tradicional (Figura 2), uma vez observado que a utilização desta durante longos períodos de tempo, aumenta a probabilidade de ocorrência de trombos na artéria axilar. Este facto deve-se ao excesso de pressão que pode existir pela incorreta utilização da muleta [7].

### 2.3.1 Modelos e Patentes

Nos dias que correm, entre mercados tradicionais e mercados on-line, a diversidade de modelos é vasta. Neste seguimento foi realizada uma pesquisa procurando identificar os modelos mais comercializados, modelos mais distintos e as patentes/ protótipos que ao longo

da evolução da canadiana destacaram determinadas características.

Nas tabelas que se seguem foi possível compilar e observar os equipamentos mais comercializados.

Tabela 2 - Modelos mais verificados farmácias e lojas ortopédicas.

Marca	<i>ORTHOS XXI</i>	<i>ORTHIA</i>	<i>FORTA</i>
Modelo	CN C8 INTEGRAL ARO MOV P. MACIO (PRT)	ERGOTECH	CANADIANA PUNHO ANATÓMICO FORTA
			
Preço / Unidade	8,10 - 16,00 €	13,00 €	16,00 €

Entre os vários modelos comercializados observou-se que os preços das canadianas mais vendidas variam entre os 8 e os 16€. Estes modelos são característicos pela sua simplicidade, constituídos por ponteiros standard em borracha, perfil em alumínio ajustável e braçadeira em plástico/vinil.

Relativamente ao modelo das *Orthos XXI*, identificou-se um mecanismo de auxílio à marcha capaz de absorver os impactos consequentes da utilização. Este mecanismo pode ser ativado ou desativado de acordo com o utilizador. A marca *Orthia* possui o mesmo tipo de mecanismo, contudo não foram observados nenhuns modelos, uma vez que este modelo (*Ergodynamic*), regra geral, é requisitado por encomenda. Este mecanismo de amortecimento apresenta algumas limitações a respeito da estabilidade da canadiana. Os utilizadores sugeriram a pouca estabilidade da canadiana aquando da sua utilização com o amortecimento ativo.

Outra vantagem verificada na maioria dos equipamentos foi o cuidado estético. Foi clarividente a preocupação das várias marcas na construção de modelos mais apelativos aos olhos de quem os compra. Na *Orthia* observaram-se as braçadeiras pintadas com cores mais garridas realçando a componente estética, a utilização de perfis pintados com cores mais escuras em vez dos clássicos perfis em alumínio não pintado são outra evidência estética.

Para além da preocupação estética, observou-se que nos modelos da *Orthia* e da *Forta* consideraram-se punhos mais macios com formas anatómicas, destacando os modelos de

canadianas da *Orthia* pela particular suavidade do punho. O punho da *Forta* apresenta uma forma anatómica realçando o aumento da área de contacto para uma distribuição de pressões mais eficaz, contudo, o material utilizado neste punho é muito rígido, comprometendo o conforto nessa zona.

Verificou-se que o mercado é composto por modelos standard (mais baratos, mais acessíveis) e modelos customizados (desenhados exclusivamente para determinados utilizadores, esteticamente mais apelativos, mais confortáveis, mais caros). Estes últimos, verificados na Tabela 3, foram caracterizados de acordo com as especificações do produto. Indo de encontro a determinadas necessidades dos utilizadores, estes modelos mais específicos apresentaram características comuns, mas também distintas entre si.

Desde logo, foi clara a diferença de preços entre modelos standard e modelos customizados. Estes últimos podem variar entre os \$149,00 (*iWalk*) e os \$600,00 (*Fetterman*). Esta discrepância de preços, entre modelos standard e modelos exóticos, pode ser justificada através da introdução de componentes patenteados (punhos ergonómicos e ponteiras antiderrapante/ com amortecimento), materiais mais leves e resistentes (utilização de carbono e titânio nos modelos *Fetterman*, *Sidestix* e *INDESmed*), e/ou considerações específicas relativamente à estética do equipamento (modelos mais esteticamente mais apelativos).

De acordo com os modelos de canadianas da *Fetterman*, observou-se que, a nível conceptual, estes modelos apresentaram as mesmas estruturas que modelos standard. No entanto, em detalhe, observou-se que a *Fetterman* procura maior qualidade nos seus componentes e acabamentos. Os modelos apresentaram-se com braçadeiras abertas ou fechadas e com ou sem revestimento. Apurou-se que tanto os punhos como as ponteiras foram contruídos com materiais patenteados, conferindo maior ergonomia e eficácia durante a utilização.

A componente estética, uma vez mais, é uma das principais características em todos os modelos, evidenciando-se através do desenho exclusivo do modelo *Flamingo* (caracterizando-se por possuírem perfis capazes de se estenderem formando a zona do punho e braçadeira) e das opções coloridas dos modelos *INDESmed*.

As maiores diferenças observaram-se durante a análise do *iWalk*. Apresentou-se como um dispositivo inovador por não apresentar punho ou braçadeira. Para além deste pormenor, a ponteira e o perfil distinguem-se dos restantes modelos por apresentarem uma forma semiesférica (ponteira) e uma base para suportar o membro lesionado (perfil). Este modelo apresentou restrições a um público alvo restrito, sendo apenas utilizado por indivíduos com limitações específicas (como fraturas, luxações ou entorses abaixo da linha do joelho) num

membro inferior.

Relativamente a modelos patenteados de canadianas/ muletas, Tabela 4, os mais antigos datam desde 1863.[8]

**Tabela 3 - Modelos customizados/ protótipos. Verificados apenas no mercado on-line.**

MARCA	<i>FETTERMAN</i>	<i>SIDESTIX</i>	<i>FLAMINGO</i>	<i>IWALK</i>	<i>INDESMED</i>
Modelo	Litestix Aluminum Custom Forearm Crutches	Explorer			
					
Preço / Unidade	\$600,00	323,00€	N.D.	\$149,00	240,00€

**Tabela 4 - Patentes Internacionais.**

Referência	Ano	Título / Características
US 8371320 B1	2013	<i>Ataxia balance crutches</i>
US 7347215 B1	2008	<i>Ergonomic crutches</i>
US 7383848 B2	2008	<i>Forearm walking crutch</i>
US 20080053503 A1	2008	<i>Ergonomic forearm crutch</i>
US 6286529 B1	2001	<i>Shock absorber for crutches</i>
US 3254659 A	1966	<i>Crutches</i>
US 3205905 A	1965	<i>Crutches</i>
US 2311049 A	1942	<i>Article carrying attachment for crutches</i>
US 40443 A	1863	<i>Improvement in crutches</i>

Observou-se que os conceitos de canadiana/ muleta assentam no princípio que a principal função da canadiana se cinge a auxiliar a locomoção e à descarga dos membros inferiores. As patentes nacionais são limitadas no seu número, encontrando-se apenas duas

patentes. A primeira ( PT2281541/2010 ) relativa a um mecanismo automatizado para ajustar a canadiana em altura, outra ( PT2647361/ 2010) evidenciando uma peça exclusiva e a geometria do respetivo perfil [13, 14].

Na tabela que se segue foi possível combinar as várias patentes analisadas e compilar as características mais destacadas.

Observou-se que estes mercados podem ir desde a muleta mais standard até ao mais exótico, por exemplo, o *iWalk*, passando por conceitos mais estéticos como o *Flamingo* ( Figura 3).

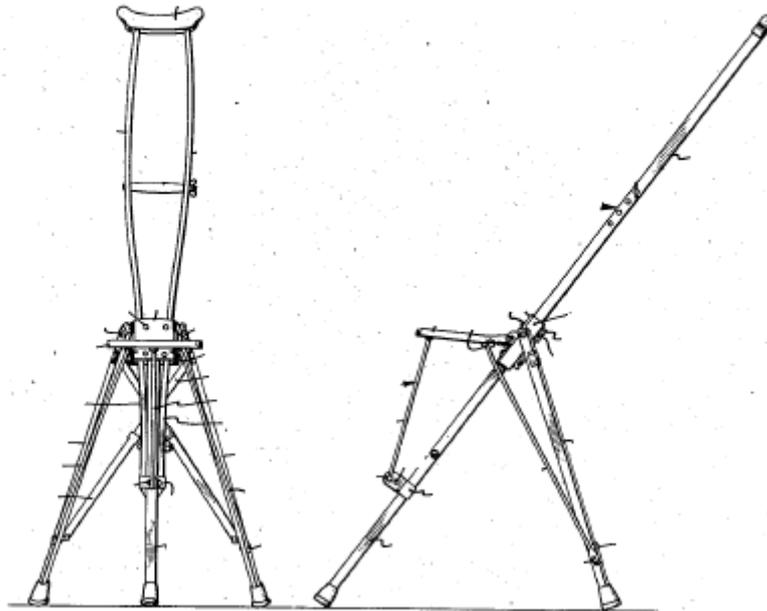


Figura 3 - a) Canadiana Standard; b) *Flamingo*; c) *iWalk* [8,9].

Observando com mais detalhe, embora a canadiana seja um dispositivo datado do século XIX, durante o desenvolvimento normal, deparou-se que existe uma determinação inerente em tornar o dispositivo cada vez mais ergonómico. Uma parte considerável das patentes observadas procuravam diminuir e melhorar as consequências que a canadiana por si só afere. Verificou-se que o modelo mais recente, norte-americano, data de 2013.

Contudo, o desenvolvimento de novos modelos e/ou patentes tem vindo a reduzir.

Outro pormenor, segundo algumas patentes, a canadiana para além da sua principal função também pode ser utilizada por exemplo como assento (Figura 4). Levantando-se a vaga hipótese de alargar as funções da canadiana para além de dispositivo de locomoção [13].



**Figura 4 - Patente Norte-Americana para modelo de muleta assento.**

### 2.3.2 Estruturas e Componentes

Relativamente ao mercado das canadianas analisaram-se várias empresas (nomeadamente, *Crutcheze* (mercado on-line), *Fetterman* (mercado on-line), *Sidestix* (mercado on-line), *Quirumed* (mercado on-line), *Orthia e a Orthos XXI* (lojas de ortopedia). Observou-se que convencionalmente, todos os modelos apresentados por estas empresas são muito pouco distintos. À primeira vista, não se verificaram grandes diferenças na sua estrutura, contudo, após uma análise mais detalhada, identificaram-se pormenores relevantes e distintos que merecem ser salientados.

Todos os modelos apresentaram um ponto de contato com o solo, um punho e uma braçadeira. Este conjunto de estruturas representa a estrutura básica de uma canadiana. Na Figura 5, é possível observar-se algumas estruturas alternativas aos modelos convencionais.

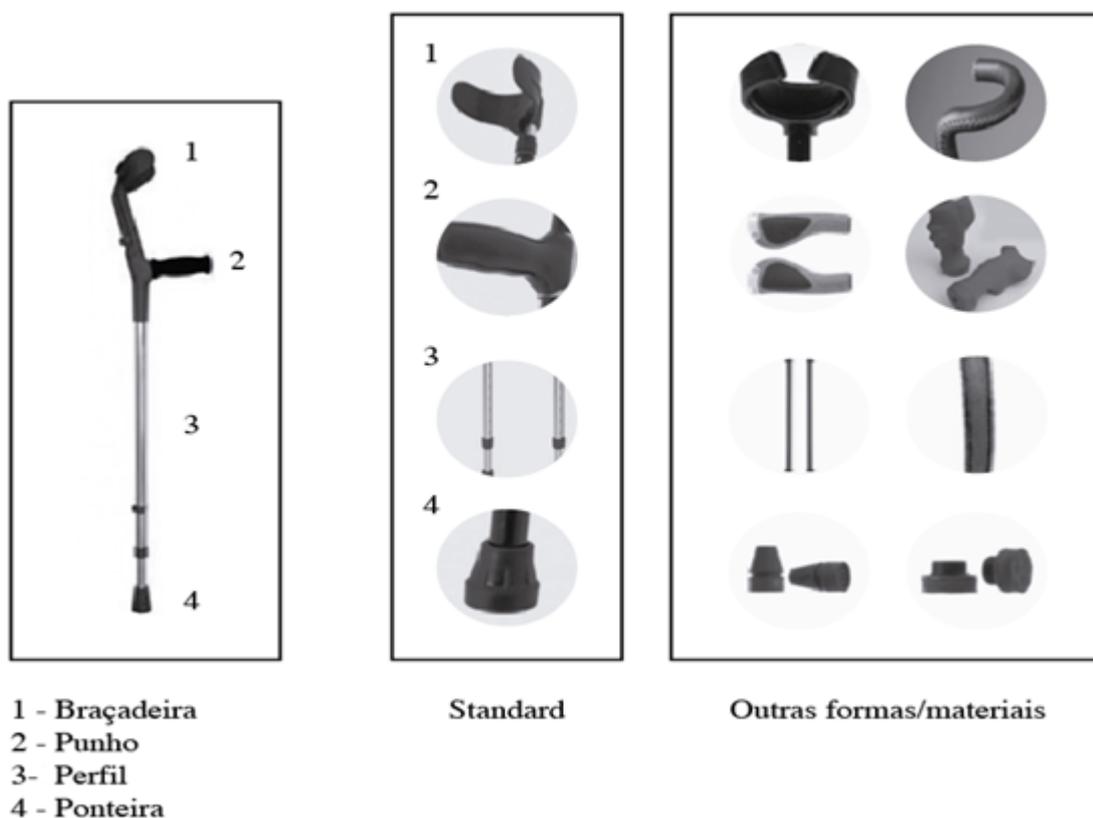


Figura 5 - Estrutura de Canadianas.

Após a análise individual de cada estrutura referenciada anteriormente, verificou-se que, relativamente ao ponto de contato com o solo (ponteira) (Figura 6), estes podem ser em borracha convencional, sem qualquer propriedade antiderrapante (*Orthia e Orthos XXI*), ou em materiais poliméricos patenteados capazes de conferir até 300 % mais de capacidade de absorção de choques da canadiana com o solo e propriedades antiderrapantes - *Fetterman, Sidestix*.



**Figura 6 - Diferentes tipos de pontes da Canadiana.**

Existem ainda sistemas de molas capazes de absorver o impacto entre o solo e a extremidade da canadiana libertando esta energia de forma a ajudar o utilizador a avançar (Figura 7).



Figura 7 - Sistema de molas para auxílio da marcha.

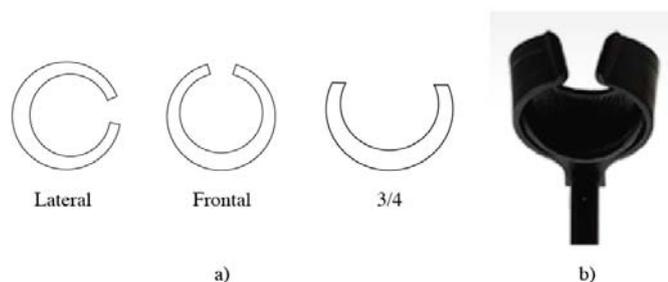
Relativamente às barras constituintes da canadiana (perfil), para modelos padrão (*Quirumed, Crutcheze, Orthia e Orthos XXI*) verificou-se que são em alumínio, ajustáveis à altura do utilizador. No que toca aos modelos mais dispendiosos, estes são construídos em titânio, carbono e/ou ligas de aço mais leves, e não são ajustáveis. Ou seja, não existem folgas entre os pontos de ajustes da canadiana, uma vez de que se tratam de modelos personalizados a cada utilizador, melhorando o desempenho deste grupo de canadianas. Além desta característica verificou-se que, uma vez que não existem concentrações de tensões nos pontos de ajustes, existe uma maior durabilidade/rigidez no perfil da canadiana (*Fetterman, Sidestix*) sugerindo que estes pontos de concentração de esforços são um dos motivos para a canadiana deixar de funcionar.

Os punhos das canadianas standard podem ser em borracha sintética, vinil ou silicone, tendo uma forma anatómica de maneira a serem mais confortáveis ao utilizador. Nos modelos menos convencionais verificou-se a sua construção em cortiça absorvente e/ou materiais com geometrias ergonómicas, capaz de aperfeiçoar a distribuição dos esforços sujeitos ao logo do punho da canadiana, distinguindo-se desta forma dos modelos padrão por serem mais confortáveis ao utilizador (Figura 8).



Figura 8 - Punhos.

As braçadeiras, ou apoios de braços, nos modelos convencionais podem ser ajustáveis e são construídos em plástico. Podem ter três diferentes formas com aberturas frontais, com aberturas laterais ou  $\frac{3}{4}$  (Figura 9 a)). A forma é definida de acordo com as preferências do utilizador. Para modelos da *Fetterman e Sidestix* verificou-se que estes são em nylon com um revestimento em pele (Figura 9 b)), conferindo maior conforto ao utilizador.



**Figura 9 - a) Abertura lateral, frontal e  $\frac{3}{4}$ ; b) Braçadeira com revestimento em pele.**

Relativamente às suas massas, as canadianas podem variar entre os 0.4 kg e o 1 kg cada canadiana, não se verificando uma correspondência entre canadiana personalizadas e a sua massa ou vice-versa.

Estes modelos variam de preço, rondando os valores entre 13.00-80.00 € para modelos standard, e os valores de 300.00-1000.00 € para modelos mais exóticos, uma vez que se tratam de canadianas personalizadas e específicas a cada utilizador [14]–[18].

## 2.4 A Biomecânica da Canadiana

Após identificados e caracterizados os vários modelos de canadianas existentes no mercado, procedeu-se à análise biomecânica da canadiana. Foi necessário compreender os alicerces para o desenvolvimento de dispositivos de locomoção.

Desta forma, foi analisada a marcha humana procurando corresponder e verificar as várias fases da marcha com e sem recurso a canadiana.

### 2.4.1 Análise da Marcha Humana

A marcha humana, juntamente com a espécie humana, vem sofrendo várias alterações. Desde logo a evolução do indivíduo quadrupede para bípede.

Antes de serem abordados dispositivos de auxílio à locomoção foi necessário observar e descrever quais as características de uma marcha de um indivíduo saudável. Na Figura 10 foi possível observar detalhadamente a marcha de um indivíduo segundo duas fases, *stance* e *swing*.

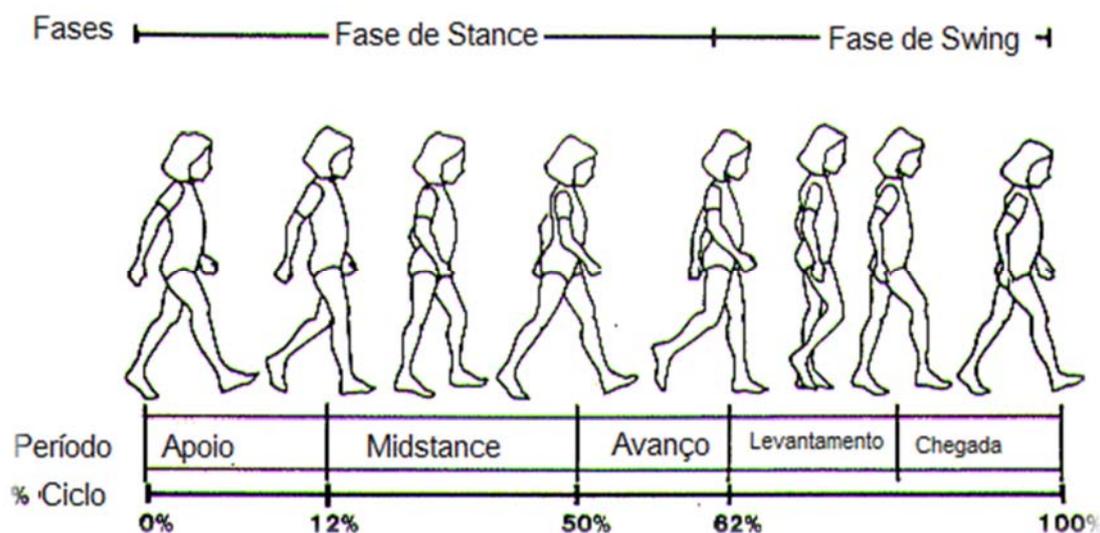


Figura 10 - Análise da marcha humana.

Ao apoiar o pé no chão, o peso é transferido da tíbia e do perônio para o astrágalo. Esta fase da marcha é caracterizada por conferir suporte, apoio e propulsão para a fase seguinte denominada fase de swing. A fase de *stance* (suporte, apoio e propulsão) ocupa 62 % da marcha. Daqui em diante, o peso é distribuído primeiro para o calcanhar e depois, através do sistema de arcadas, ao longo da região da região lateral (externa) do pé para a almofada do pé. Este efeito é muito facilmente observado quando, por exemplo, durante a análise de uma pegada em areia molhada (Figura 11).

Nesses casos, é fácil de observar as regiões de pressão mais elevadas através da profundidade da pegada. Normalmente, a borda interna não deixa vestígios na pegada porque as arcadas deste lado do pé são mais elevadas do que as externas [19].



Figura 11 - Pegada humana em areia.

Seguidamente observa-se a fase de *swing*, aferindo 48% da marcha, limitada pelo momento entre o levantamento do dedo maior de pé e o apoio do calcânhar em relação ao solo [20].

Existe uma estreita relação entre os deslocamentos angulares do pé e os do joelho. Numa passada, no primeiro contato do calcâneo com uma superfície verifica-se um arco, e que pode ser descrito pelo raio formado pelo calcâneo. Já o segundo arco é formado pela rotação do pé sobre o centro estabelecido no antepé em associação com a propulsão.

No contato do calcâneo, o pé está em dorsiflexão e o joelho em extensão completa, de modo que a extremidade esteja no seu comprimento máximo e o centro de massa encontra o seu ponto mais baixo de deslocação ascendente. A flexão plantar rápida, associada ao início da flexão do joelho, mantém o centro de massa na sua progressão ao mesmo nível durante algum tempo, baixando e revertendo suavemente a curvatura no início do seu arco de translação. O final deste arco é igualmente achatado e suavemente invertido pela flexão do segundo joelho associado à propulsão. A diminuição das inflexões abruptas nos pontos de interceção dos arcos do centro de massa reduz o custo energético [21].

O movimento em torno do eixo transversal do mesotarsal afeta o arco longitudinal do pé. Durante a resposta à carga até ao apoio médio, o arco longitudinal é achatado de forma a armazenar energia cinética para utilizar na propulsão. Só durante a elevação do calcânhar o arco é restaurado. A extensão mesotarsal também tem a função de absorção de choque [21].

#### 2.4.2 Análise da Marcha Humana com Canadianas

Embora as indicações do uso das canadianas sejam semelhantes, é preciso ter cuidados específicos dependendo se a marcha é auxiliada por uma ou duas canadianas, e por isso quando o médico ou fisioterapeuta indica o seu uso, também deverá orientar a forma correta de a(s) usar. Idealmente, a canadianas deve estar a cerca de 10 cm de distância da parte lateral do pé, para não perturbar o movimento dos membros inferiores. A altura ideal da canadiana é a do

apoio da mão à mesma altura do quadril, com o braço esticado.

Na Figura 12 é possível observar as fases de *stance* e *swing*, associadas a utilizadores de canadianas.

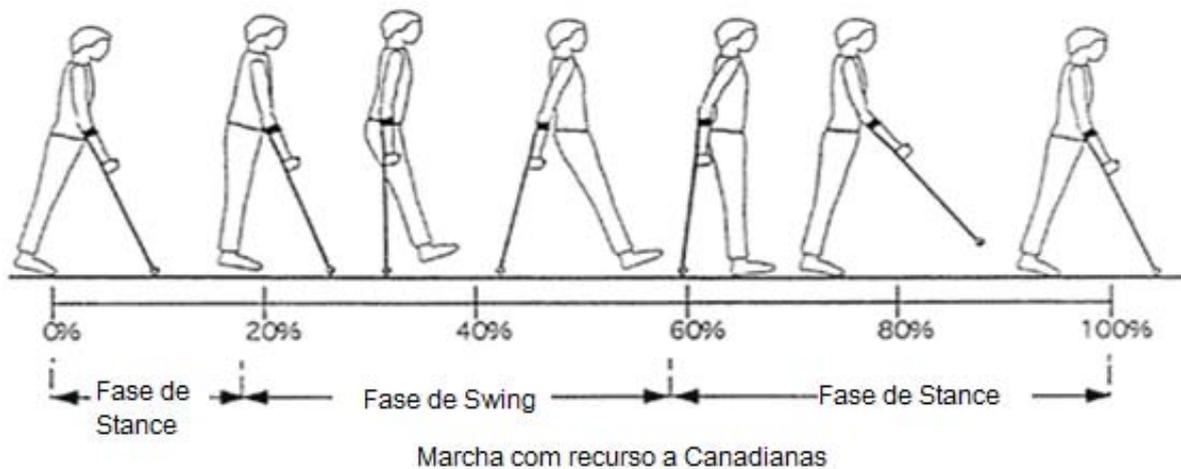


Figura 12 - Marcha com canadianas [22].

Com a utilização de apenas uma canadiana, o primeiro passo deve ser com a perna lesada juntamente com a canadiana ao mesmo tempo porque o objetivo é servir de suporte. Além disso, não se deve colocar todo o peso do corpo do utilizador na canadiana.

Na Figura 12 podemos observar três tipos de abordagens na marcha com duas canadianas de acordo com a tipologia da lesão. Para caminhar com duas canadianas é recomendado que o primeiro passo deva ser com a perna sã e enquanto a perna lesionada está levemente dobrada, e que sejam apoiadas as duas canadianas ao mesmo tempo (Figura 13 a)).

Se o utilizador puder apoiar a perna lesionada no chão, deve avançar primeiro com as canadianas seguido pela perna lesada e dar um passo com a perna sã (Figura 13 b) e c)) [23].

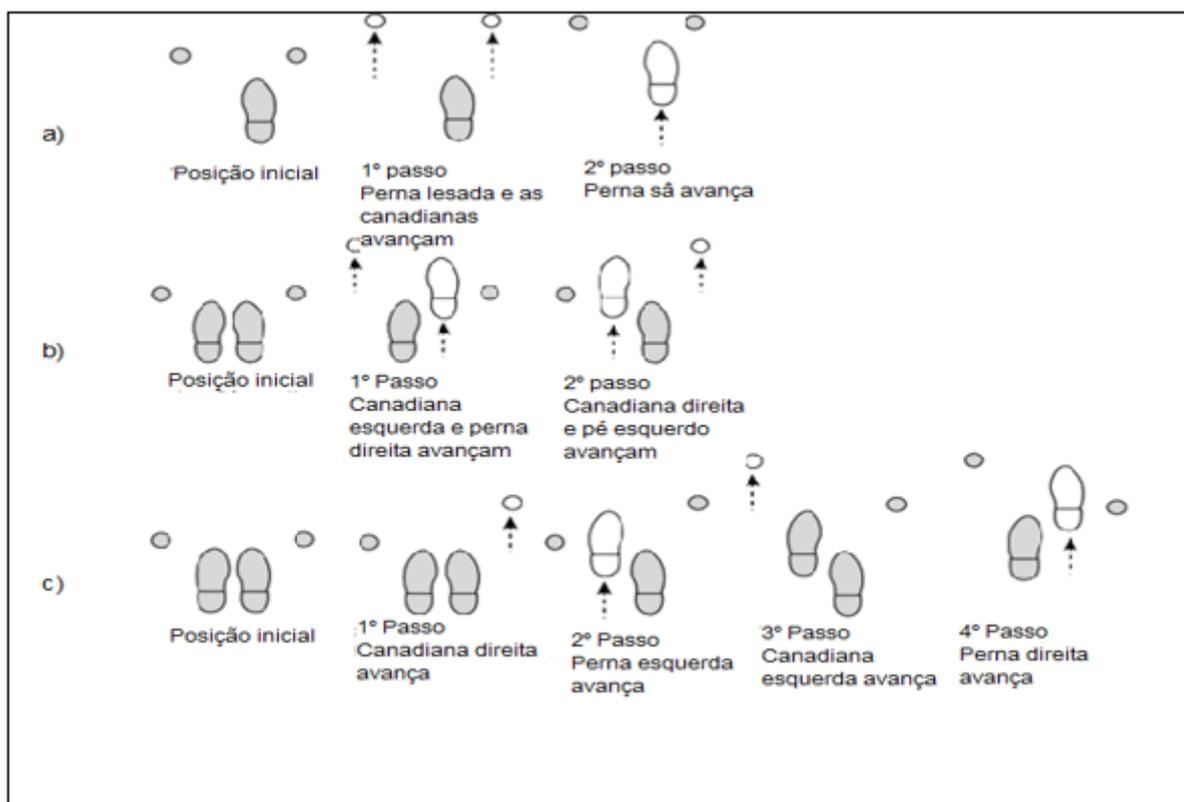


Figura 13 - Marcha com canadianas: a) Marcha a três pontos; b) Marcha a dois pontos; c) Marcha a um ponto.

### 2.4.3 Análise Biomecânica de Punhos

De forma a definir e determinar uma metodologia capaz de ir ao encontro das necessidades dos vários utilizadores, considerou-se e apurou-se vários estudos biomecânicos destacando-se o artigo “*Biomechanical evaluation of handgrips for the design of elbow crutches*”

O artigo data de 1998, com origem no Instituto de Biomecânica de Valencia, onde desde logo e uma vez mais, confirmou-se a hipótese de que a informação existente no universo académico, relativamente a canadianas e punhos de canadianas é bastante limitada.

De acordo com vários utilizadores inqueridos, especialista em reabilitação e ortopedistas, as opiniões convergem ditando o punho da canadiana como um dos principais responsáveis pelo desconforto consequente da utilização prolongada.

Este artigo procurou demonstrar de forma qualitativa o registo das diferentes distribuições de pressões para diferentes punhos e, subjetivamente, o conforto para os utilizadores de acordo com as diferentes formas de punhos. De acordo com os objetivos estabelecidos neste artigo, foram analisados quatro punhos com diferentes formas. Neste seguimento, os autores do estudo pretenderam, no final, desenvolver técnicas biomecânicas,

capazes de definir um novo/ diferente método na conceção de punhos para canadianas, considerando sempre, o conforto e a dor de quem utiliza este equipamento diariamente, seja temporária ou permanentemente.

Para este estudo, os autores definiram duas técnicas, normalmente utilizadas em análises biomecânicas:

- i) Técnica de medição de pressão utilizada para quantificação da distribuição de pressões gerada a partir da interação com o punho;
- ii) Questionários ao utilizador para determinar o comportamento do equipamento, as suas características de formar a servir quem o utiliza.

De forma a seleccionar o “punho ótimo”, foram desenvolvidos quatro protótipos capazes de se encaixarem no mesmo modelo de canadiana. Os seus desenhos e formas podem ser observados na Figura 14.

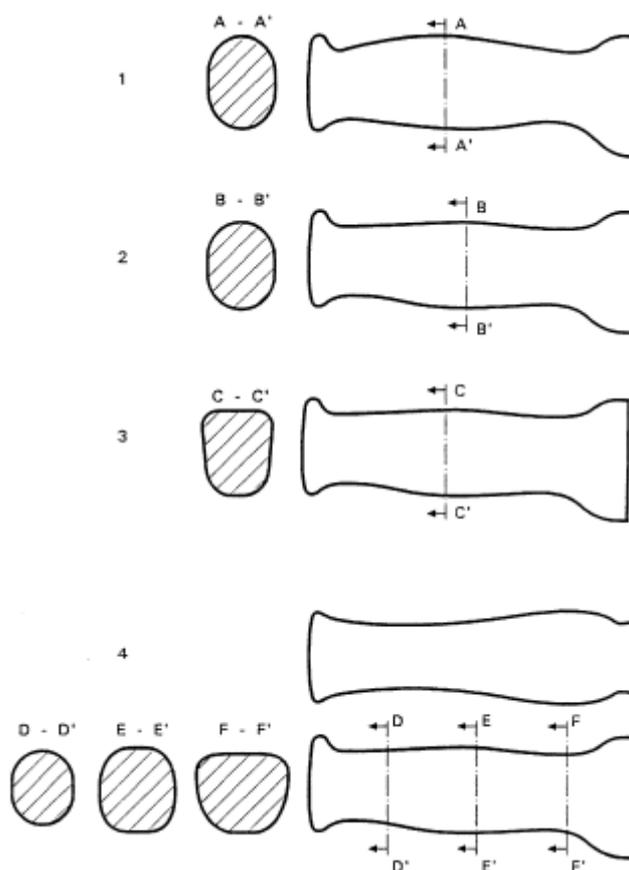


Figura 14 - Formas dos quatro protótipos analisados no artigo.

Ao longo do estudo foram considerados cinco utilizadores de duas canadianas, onde cada um destes caminhou, numa das canadianas, com um dos quatro punhos, alternadamente, e a segunda canadiana apresentou, sempre, um punho de controlo. Assim, foi possível analisar e compilar as várias experiências de acordo com o tipo de punho utilizado, uma vez verificado

que dentro deste grupo de utilizadores variáveis como idade, incapacidade e/ou nível de experiência foram determinantes na conceção de uma definição.

Inicialmente foram criados protocolos de forma a aceder a uma avaliação subjetiva relativamente ao conforto do equipamento de acordo com cada utilizador. O protocolo continha as características do utilizador (idade, altura, peso género, mão dominante e presença ou não de desconfortos) e questões relativas às áreas de desconforto na zona da mão. Para determinar com mais precisão essas mesmas áreas, a mão foi dividida em diferentes zonas (Figura 15) onde foi possível, de acordo com uma escala entre muito confortável e muito desconfortável, analisar e definir quais as principais áreas de ação.

Seguidamente, procederam ao estudo de pressões, avaliação objetiva. Através da utilização de um sensor de pressão (*Fuji<sup>TM</sup> film*) foi possível identificar, por coloração, sete diferentes zonas de pressão. Segundo os autores deste artigo, o total de pressão presente em cada um dos punhos foi superior a 4 kg/cm<sup>2</sup> (392 kPa, área total do punho). Contudo, de acordo com outros autores, e de acordo com o diâmetro do punho (entre 30 e 40 mm), este deve ser operado até 250 kPa, de outra forma poderão surgir zonas de desconforto [24].

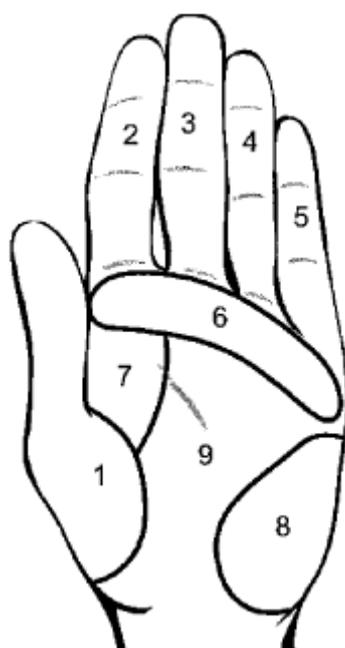


Figura 15 - Zonas da mão utilizadas durante a análise de desconfortos e distribuição de pressões.

Os resultados sugerem que o punho 4 obteve melhor desempenho relativamente aos restantes. De acordo com a Tabela 5, verificou-se que este punho apresenta aproximadamente 38 % de área de contacto com pressões acima dos 4 kg/cm<sup>2</sup> (392) [25].

**Tabela 5 - Percentagem de área com pressão superior a 4kg/cm<sup>2</sup> (392kPa). ANOVA 95%[25].**

<b>Punho</b>	<b>Percentagem de área &gt; 4kg/cm<sup>2</sup></b>
4	38.73 %
2	43.78 %
3	44.00 %
1	53.70 %

Os resultados levaram os autores a concluir que o punho 4 foi considerado o mais adequado para utilizadores que procuram mais conforto. Este punho foi caracterizado por ter uma superfície lisa na zona mais próxima da perna e arredondada na zona oposta (mais afastada da perna). Esta geometria de punho sugere uma melhor distribuição da pressão na interface punho-utilizador, e conseqüentemente melhoria no conforto do utilizador.

### 3. ANÁLISE DA CANADIANA

---

Para o desenvolvimento de um novo conceito de canadiana foi necessário compreender e descortinar todas as necessidades e lacunas do dispositivo em si. Neste sentido, o recurso a inquéritos apresentou-se como uma opção válida para estabelecer as principais necessidades da canadiana enquanto dispositivo de locomoção bem como conceito ortopédico (ANEXO B).

Deste modo, foram definidos três grupos distintos de inqueridos. Esta seleção foi considerada de acordo com a experiência de quem utiliza canadianas (utilizadores de canadianas), do *feedback* de quem prescreve ou lida correntemente com estes utilizadores (mais concretamente profissionais de saúde) e dos comerciais que comercializam este tipo de equipamentos (comerciais de saúde/ lojas ortopédicas).

De acordo com a metodologia adotada, pretendeu-se aumentar a sensibilidade acerca da canadiana, atendendo as necessidades específicas de cada utilizador, desde a relação direta entre patologia e expectativas de quem utiliza este dispositivo diariamente; dos efeitos colaterais que existem consequentes da correta e/ou incorreta utilização da canadiana; perceção do conhecimento específico de quem utiliza; prescrição e comercialização deste dispositivo; bem como a relação que existe entre as necessidades diretas dos utilizadores e a resposta que o mercado oferece.

Assim, durante esta composição foram demonstrados individualmente, entre os três grupos distintos, a compilação dos resultados do levantamento de necessidades bem como as interações que possam existir entre respostas de grupos diferentes.

### 3.1 Utilizadores de Canadianas

Para esta etapa do trabalho foram definidos determinados pré-requisitos de forma a obter-se uma população capaz de partilhar conteúdo relevante para o desenvolvimento do estudo. Para tal, foram considerados utilizadores de canadianas, sejam eles de uma ou duas canadianas, com uma utilização mínima de seis meses. Assim poder-se-á assumir um compromisso entre as respostas de quem utiliza este equipamento com base na sua longa experiência.

Todos os utilizadores tinham idades superiores a 18 anos e assumiram uma postura recetível para colaborar no estudo. Neste sentido todas as respostas foram da responsabilidade do utilizador.

Durante este estudo foram considerados 22 utilizadores de canadianas, verificando-se que 40,91% dos indivíduos utilizam duas canadianas e 59,01% apenas uma canadiana (Figura 16).

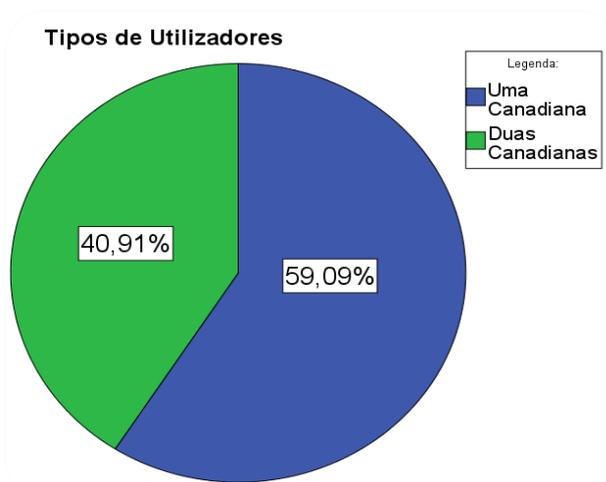
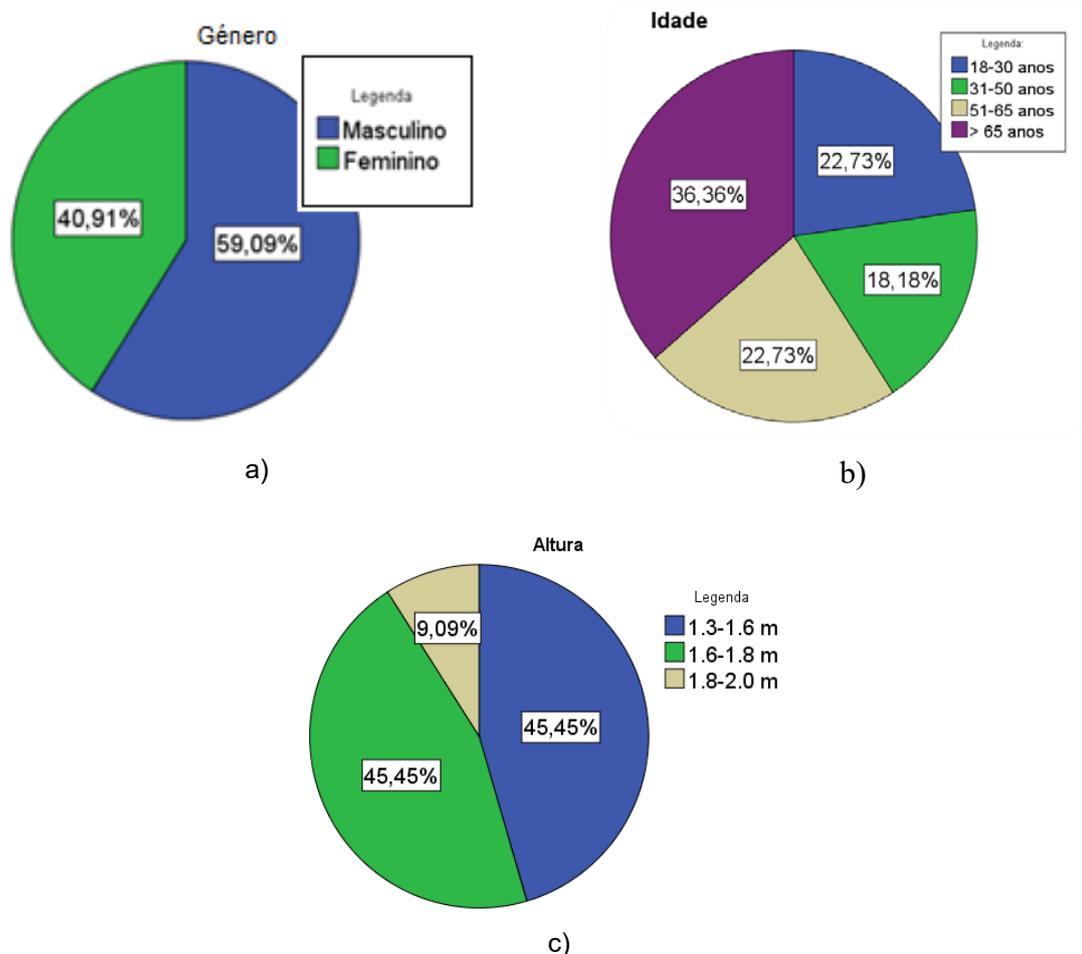


Figura 16 - Distribuição dos utilizadores de uma e duas canadianas.

Relativamente ao estereótipo do utilizador de canadianas, Figura 17, verificou-se que na sua maioria os participantes eram do género masculino com idade superior a 50 anos e com altura compreendida entre os 130-180 cm. Todos eles eram utilizadores de canadianas há pelo menos 12 meses, utilizando a canadiana para efeitos de descarga dos membros inferiores<sup>1</sup> ou como dispositivo auxiliar de locomoção.

<sup>1</sup> Descarga parcial o total do membro lesionado. A utilização da canadiana para este efeito evita/diminui cargas associadas ao membro lesionado durante o suporte/marcha do corpo humano.



**Figura 17 - Conjunto das distribuições de acordo com: a) Género dos utilizadores; b) Idade; c) Altura.**

Em tom de nota, foram verificados os equipamentos da maioria dos utilizadores. Apurou-se durante diálogo com os inqueridos que nem sempre, aquando a aquisição das canadianas, houve uma consideração no tamanho específico a utilizar. Regra geral o indivíduo que procura uma/s canadiana/s, só considera a amplitude de altura do perfil adequado à sua altura, negligenciando as dimensões dos punhos, braçadeiras e perfis dos membros superiores.

Além do preço do equipamento, o conforto do utilizador é, na maioria dos casos um dos requisitos mais importantes na aquisição do equipamento. Outro aspeto não verificado nos equipamentos analisados surge na sua não categorização por tamanho de acordo com a altura do utilizador (Norma ISO 11334-1).

Através da análise da Figura 18 é possível observar-se a distribuição relativamente ao tipo de lesão que justificou o recurso à canadiana pelos participantes no estudo. Posto isto, verificou-se que as lesões músculo-esqueléticas (por exemplo: fraturas, espasticidades, deformações) são as que ocupam maior número de utilizadores, aproximadamente metade da

população.

A restante população ficou distribuída entre dores crónicas (artralgias crónicas), doenças cardiovasculares (por exemplo: AVC), próstéticos e outros tipos de lesões (por exemplo: doenças degenerativas, tumores, etc.).

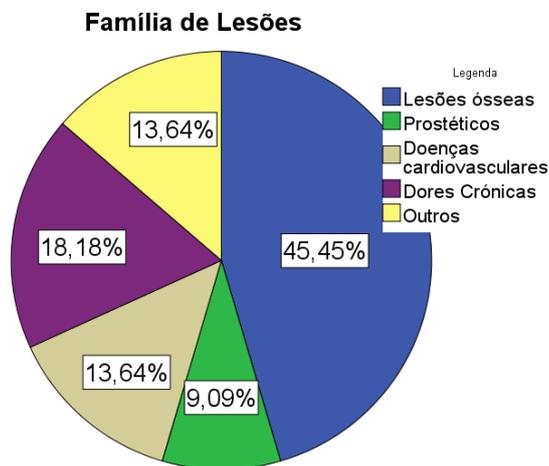


Figura 18 - Distribuição dos utilizadores de acordo com a patologia inerente à utilização de canadianas.

Em resposta ao método de aprendizagem mais comum num utilizador de canadianas, optou-se por distribuir os utilizadores de acordo com a intervenção de um profissional de saúde durante este processo (Figura 19). O elevado número de indivíduos autodidatas levantou duas hipóteses:

- A canadiana tratar-se-á de um equipamento intuitivo que não requer do aconselhamento de um profissional;
- Aproximadamente metade dos utilizadores não tiveram aconselhamento profissional o que leva a supor que estes utilizam incorretamente o dispositivo.

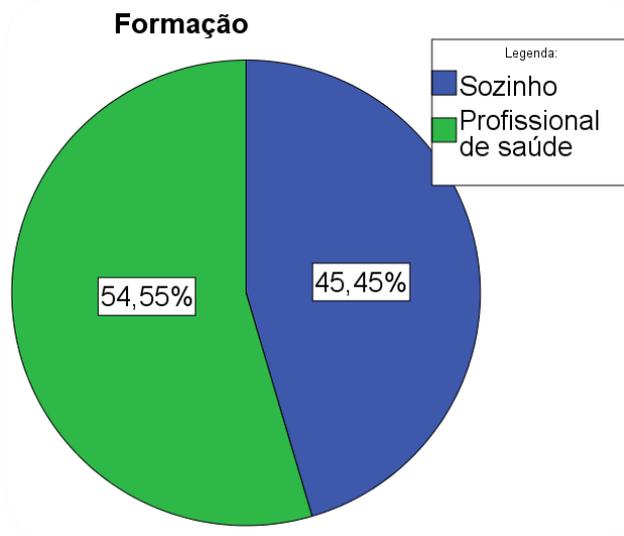


Figura 19 - Processo de aprendizagem.

De acordo com a literatura foi possível estabelecer uma correta utilização da canadiana. A escolha do lado onde utilizar a canadiana deve ser considerada de acordo com o flanco da lesão. Regra geral, a canadiana deve ser utilizada no lado oposto à lesão. Só em casos excepcionais é que a canadiana deve ser utilizada no mesmo lado da lesão [26].

No seguimento do parágrafo anterior, podemos observar (Figura 20) que os indivíduos que utilizavam a canadiana no lado oposto foram, na sua maioria, acompanhados por profissionais de saúde.

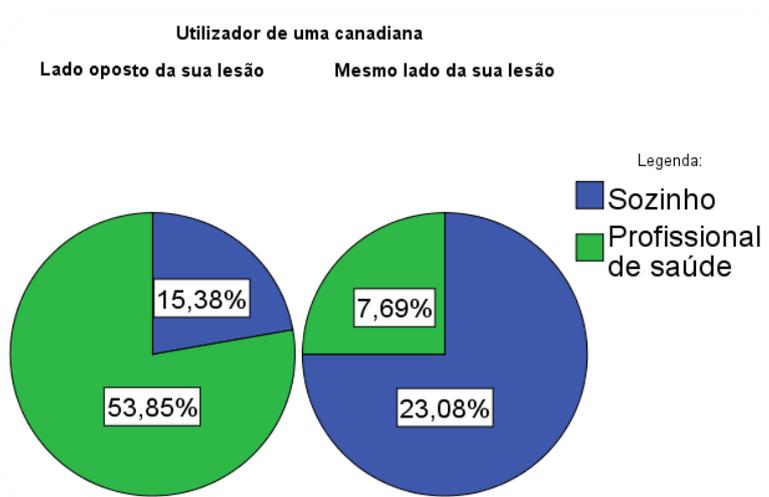


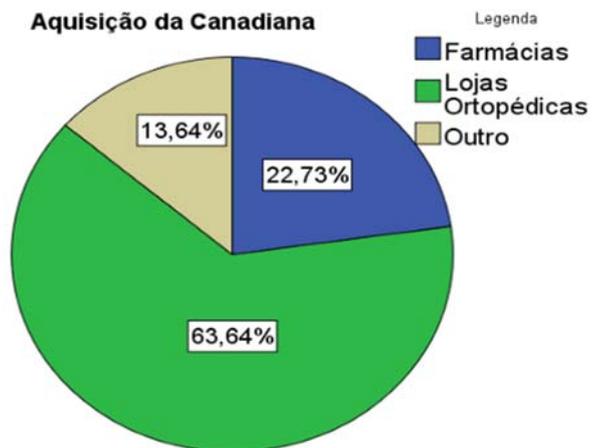
Figura 20 - Distribuições dos indivíduos utilizadores de uma canadiana de acordo com o método de aprendizagem.

### 3.2 Características da Canadiana

Após caracterizado o tipo de utilizador mais comum procedeu-se a caracterização da canadiana.

Neste seguimento procurou-se determinar o equipamento padrão dentro da população de utilizadores. Foram abordados tópicos desde a aquisição dos dispositivos, até aos componentes individuais mais procurados/utilizados, passando pelo preço médio que cada utilizador despende aquando a compra.

Em relação aos locais de aquisição de canadianas, Figura 21, apurou-se que a maioria dos utilizadores procuram as lojas ortopédicas. Contudo existem utilizadores que adquiriram as suas canadianas em farmácias ou através de outras formas. (ex.: facultada por antigos utilizadores, hospitais instituições etc.).



**Figura 21 - Locais onde os utilizadores adquiriram o seu equipamento.**

Através da Figura 22, podem-se observar as distribuições relativamente à caracterização do equipamento utilizado por cada utilizador. Verificou-se que o preço da canadiana padrão nunca excede os 50€ a), tem perfil em alumínio (todos os equipamentos analisados tinham perfis em alumínio), ponteiros *standard* b) e punhos *standards* c).

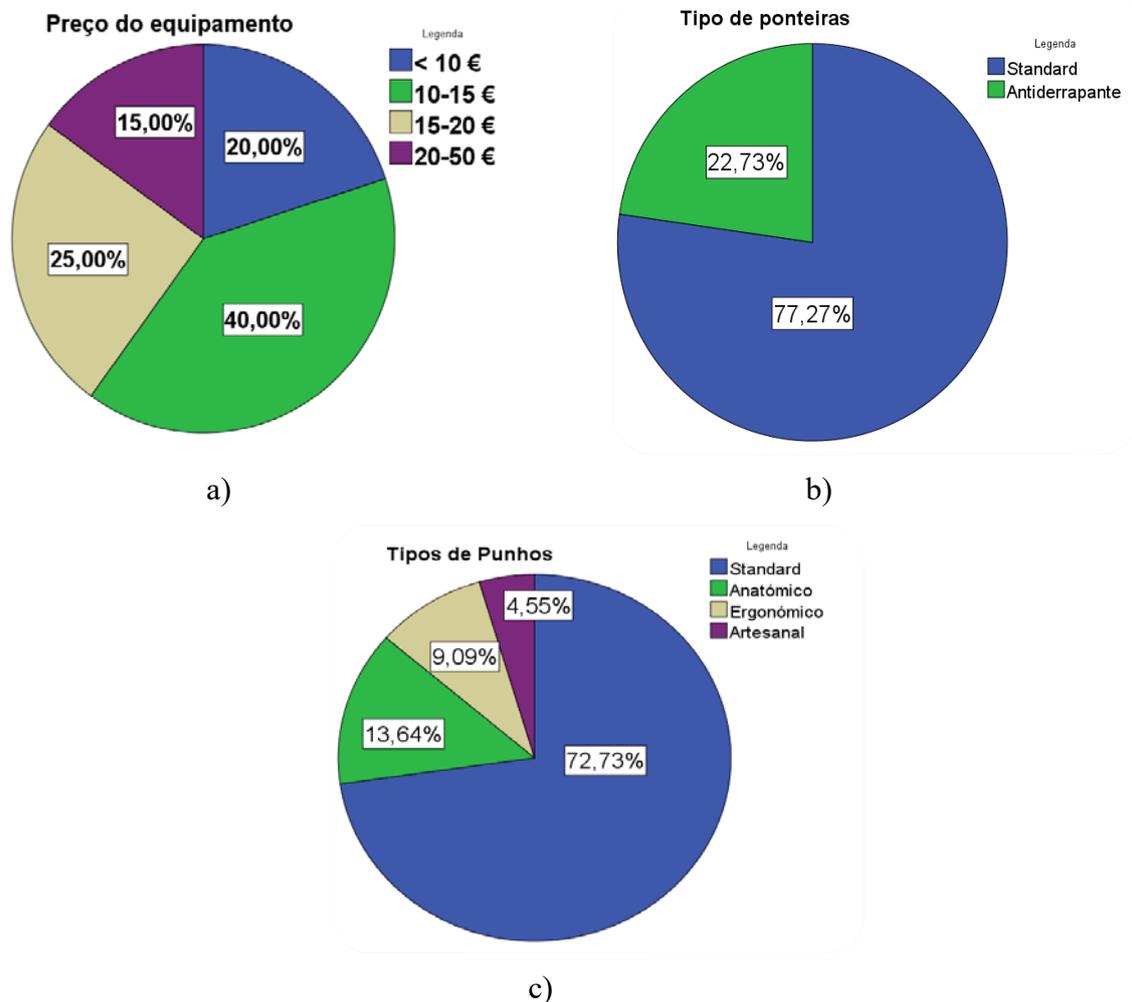


Figura 22 - a) Intervalos de preços das canadianas mais verificados; b) Tipos de ponteiros mais utilizadas pelos inqueridos; c) Tipos de punhos mais utilizados pelos inqueridos.

Foram ainda analisadas as braçadeiras de cada equipamento. Verificaram-se que todos os modelos eram em vinil sem revestimento, onde a maioria dos inqueridos utilizavam braçadeiras abertas (Figura 23 a), assumindo a hipótese de que este tipo de braçadeira é a mais comercializada.

Confirmando hipótese anterior, é possível observar-se que a maioria dos utilizadores de uma canadiana optam por braçadeiras abertas enquanto que os utilizadores de duas se dividem pelas duas opções (Figura 23b)). Neste seguimento, é possível sugerir-se que a braçadeira aberta é a opção mais eficaz para utilizadores de uma canadiana.

Averiguou-se em diálogo com os dois tipos de utilizadores que a braçadeira aberta é a opção mais confortável à sua utilização. Uma vez aberta, os constrangimentos aos movimentos dos membros superiores ficam limitados comparativamente à braçadeira fechada.

No entanto, existem indivíduos, principalmente utilizadores de duas canadianas, que optam por braçadeiras fechadas. Desta forma têm sempre o equipamento acoplado ao seu corpo mesmo não estando a segurar o equipamento pelo punho. Este tipo de braçadeira pode se tornar vantajosa durante a subida ou descida de escadas possibilitando ao utilizador segurar-se aos varões sem deixar de ter a canadiana acoplada a si.

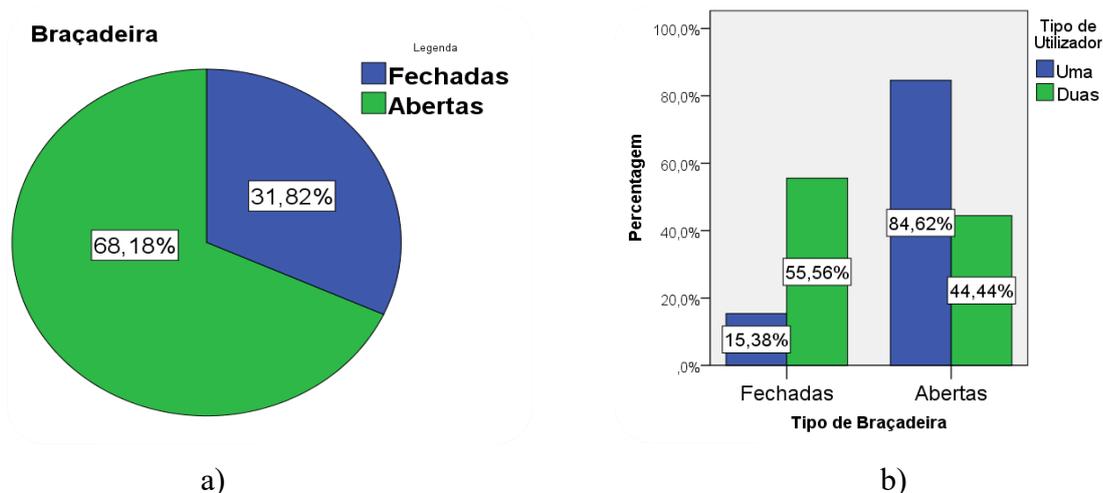


Figura 23 - a) Distribuição dos tipos de braçadeiras mais utilizadas; b) Tipos de braçadeiras mais utilizadas segundo os utilizadores de uma ou duas canadianas.

### 3.3 Manutenção da Canadiana

Como a maioria dos dispositivos de locomoção, a canadiana exige determinadas rotinas de manutenção. As consequências da utilização regular da canadiana apresentam-se, na sua maioria, sob a forma de ponteiras gastas, punhos partidos e/ou deformações dos perfis. Durante este estudo apurou-se que a maioria dos utilizadores têm como rotinas de manutenção: limpeza do equipamento e substituição de componentes (na sua maioria ponteiras gastas).

A pesquisa demonstrou que não existe um intervalo concreto de vida útil do dispositivo. Após análise da Figura 24 verificou-se que mais de 1/4 dos utilizadores substitui o seu equipamento entre períodos superiores a 12 meses, existindo um grande número de casos de indivíduos que nunca trocaram de equipamento.

Esta informação sugere a longa durabilidade do dispositivo para além da hipótese de que o mesmo dispositivo acompanha todo o percurso do indivíduo enquanto utilizador.

De acordo com a manutenção da canadiana, os únicos elementos de substituição na

canadiana são as ponteiras. Não se verificaram relatos de comerciais de saúde a considerarem outros elementos/peças. Segundo os dados, as ponteiras aconselháveis são as standards. Além de económicas (<1€ unidade) são tão eficazes como outros modelos (Ex: antiderrapantes).

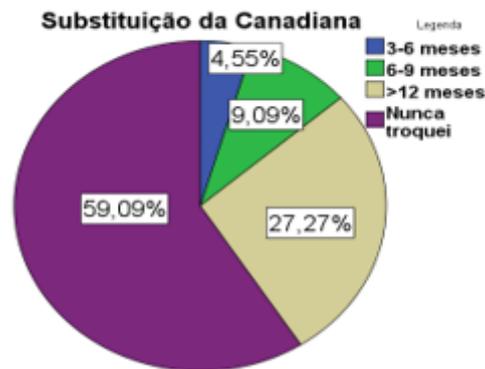


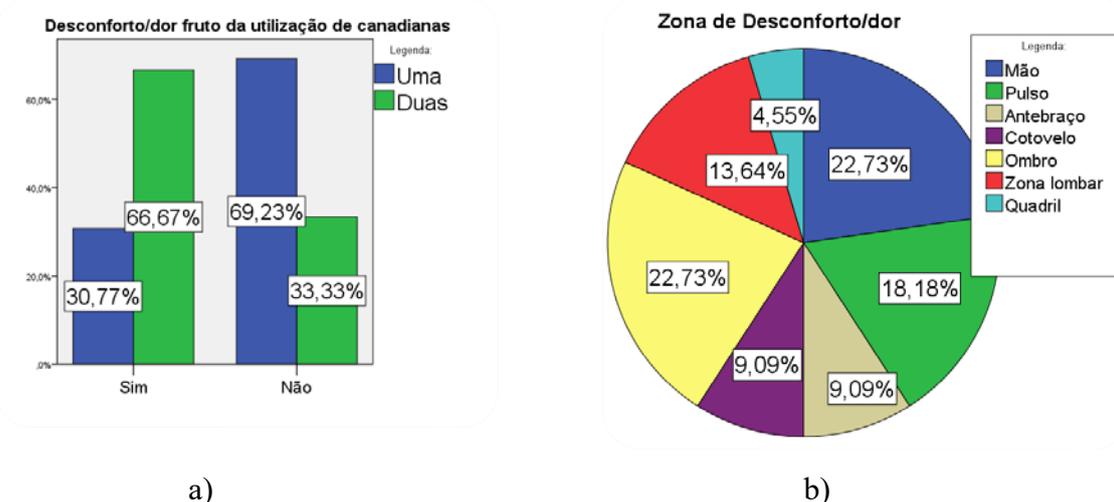
Figura 24 - Distribuição do intervalo de tempo entre substituições de equipamento.

### 3.4 Limitações da Canadiana

Nesta fase foram definidos alguns conceitos para as limitações da Canadiana. Existem limitações na canadiana relacionadas com o desconforto ou dor que é causado a quem é utilizador; e limitações/dificuldades na funcionalidade do equipamento em vários cenários (ex.: emprego, casa, locais públicos, etc.).

Através da Figura 25 observou-se que existe um número considerável de respostas positivas relativamente ao desconforto e/ou dor que os utilizadores de duas canadianas sentem.

Verificou-se que a maioria dos utilizadores de uma canadiana aparentam estar cómodos com o seu equipamento, sugerindo a hipótese que os sintomas de desconforto e/ou dor inerentes à utilização de canadiana se reflete mais intensivamente em utilizadores de duas canadianas. Este desconforto ou dor, manifesta-se maioritariamente na zona da mão, ombro e pulso (Figura 25b).

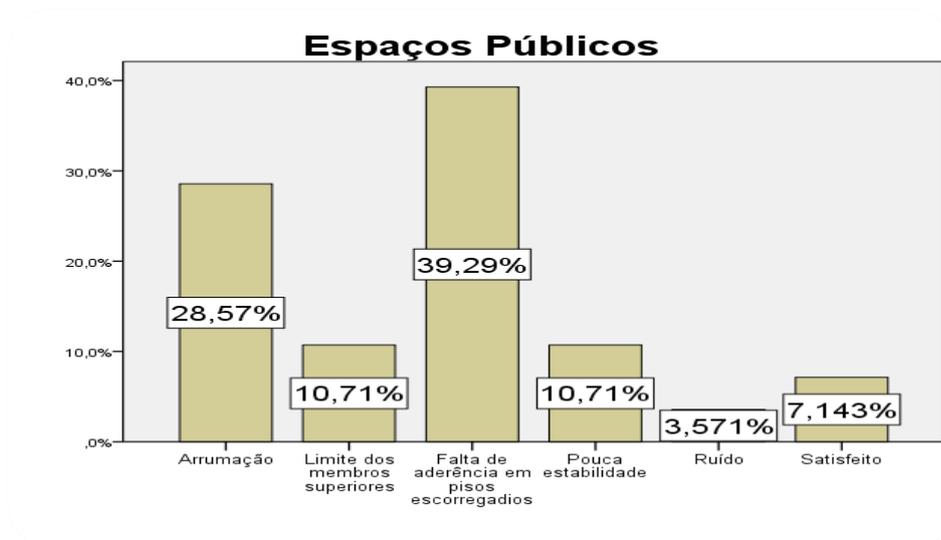


**Figura 25 - a) Desconforto/dor dos utilizadores de uma e duas canadianas. b) Zonas de desconforto e/ou dor.**

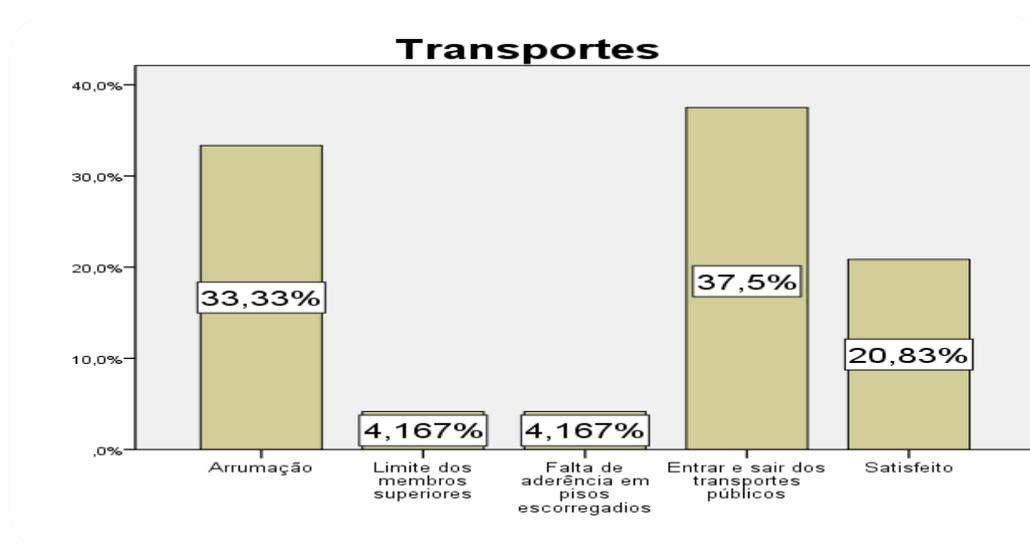
Para determinar as limitações/ dificuldades que a canadiana apresenta, foram definidos 5 cenários (locais de emprego, habitações, espaços públicos, trajetos e transportes públicos). A cada utilizador foi pedido para assinalar as dificuldades mais comuns e relevantes, de acordo com a sua experiência dentro de determinado cenário.

Durante diálogo, observou-se que grande parte dos utilizadores não tem local de emprego e acrescentaram que quando se encontram dentro das suas habitações arrumam as suas canadianas nos locais de entrada.

Verificou-se que as maiores limitações são: falta de aderência e a arrumação do equipamento (Figura 26 a)); e a entrada/saída dos transportes públicos (Figura 26 b)).



a)



b)

**Figura 26 - Limitações: a) Espaços públicos; b) Limitações em transportes.**

Finalmente, foi dada a oportunidade a cada inquerido para enumerar as melhorias que fariam no seu equipamento. Através da Figura 27 verificou-se que os principais melhoramentos vão de encontro às limitações que o equipamento apresentou.

Contudo, denotou-se que existe uma margem considerável de indivíduos satisfeitos com o seu equipamento.

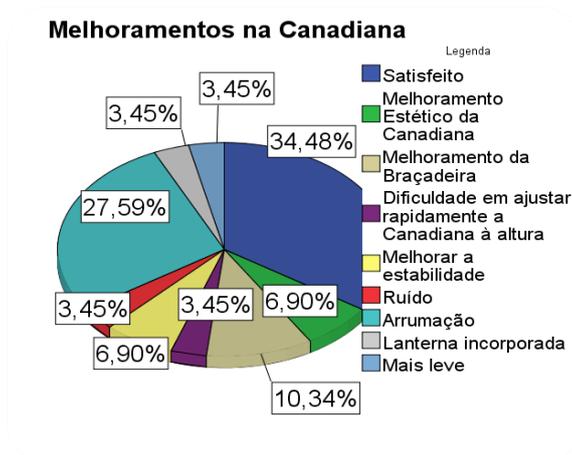


Figura 27 - Melhorias apontados pelos utilizadores de canadianas.

### 3.5 Profissionais de Saúde

Relativamente aos profissionais de saúde inqueridos, fizeram parte desta população 3 médicos (2 fisiatras e 1 ortopedista), 6 fisioterapeutas e 1 enfermeiro. Neste seguimento, houve um esforço para relacionar as respostas dos utilizadores de canadianas com a opinião de quem lida constantemente com estes indivíduos, patologias e equipamentos.

Entre as várias patologias inerentes à utilização de canadianas, foi possível realçar 5 tipologias: lesões músculo-esqueléticas, deformações ósseas, protéticos, artalgias e doenças neuromusculares. Estas patologias apresentaram-se como as mais comuns durante a atividade destes profissionais (Figura 28).

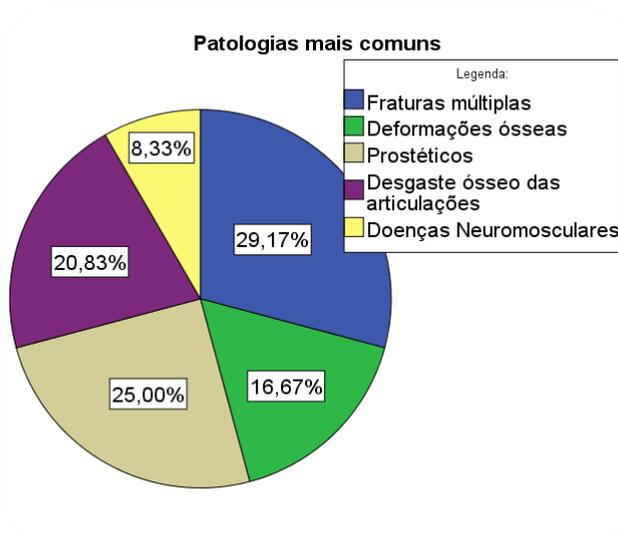
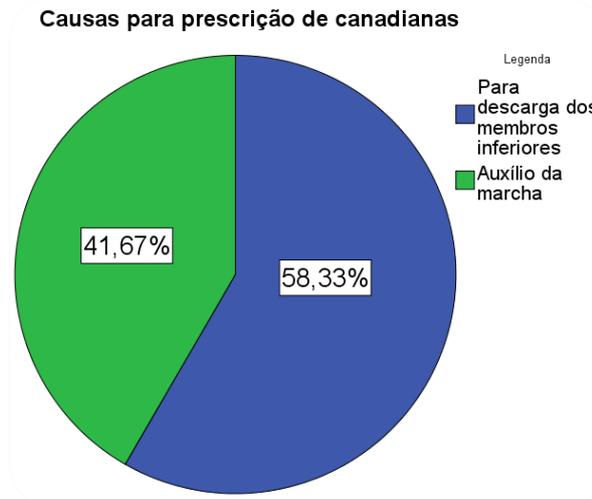


Figura 28 - Patologias mais frequentes.

Com base nas respostas dadas, reforçou-se o conceito de que as duas principais funções da canadiana são no auxílio da marcha e na descarga total ou parcial dos membros inferiores (Figura 29).



**Figura 29 - Principais funções da canadiana.**

Embora não existam dados evidentes para definir um intervalo concreto de utilizadores com uma incorreta utilização da canadiana, apurou-se durante diálogo que a canadiana não é um equipamento intuitivo.

Existiam intervalos consideráveis de indivíduos, que na opinião dos vários profissionais de saúde utilizavam incorretamente a canadiana. Esta incorreta utilização foi frequentemente observada nos utilizadores de uma canadiana, quando utilizavam a canadiana no mesmo lado da lesão.

Tanto a correta como a incorreta utilização da canadiana têm consequências inerentes no utilizador. Mesmo utilizando corretamente este dispositivo, os indivíduos podem sofrer de tensão muscular acentuada na zona da mão, trapézio e/ou lombar; e pequenas lesões de sobrecarga nas outras articulações. De forma geral, os profissionais de saúde alertam para este tipo de consequências, no entanto, comparativamente às lesões associadas à incorreta utilização, estes realçam desequilíbrios musculares e/ou de postura, elevações do ombro, omoplatas desgastadas e sobrecarga dos membros inferiores a nível ósseo e articular. Em determinados casos pode mesmo causar síndrome de compressão nervosa e vascular.

Consequentemente, estes tipos de lesões podem levar ao abandono da canadiana.

Através da Figura 30 foi possível verificar que as causas para o abandono se dispersam entre a frustração do utilizador em relação ao equipamento, dores, fadiga dos membros superiores, risco de queda e melhoria clínica do utilizador.



**Figura 30 - Causas para o abandono da canadiana.**

Relativamente às melhorias do equipamento, de acordo com os profissionais de saúde o punho da canadiana deveria ser mais ergonómico e suave, capaz de prevenir o aparecimento de úlceras na mão. Os mesmos também indicam ponteiros mais eficazes na aderência ao piso. Além das melhorias referidas anteriormente, a criação de canadianas distintas (canadiana esquerda e direita) e a posição sempre vertical da canadiana foram melhorias referenciadas em alguns inquéritos.

### 3.6 Comerciais de saúde

De acordo com os comerciais de saúde, a opinião é unânime relativamente à existência de mais utilizadores de duas canadianas comparativamente com a população de uma canadiana.

A canadiana mais comercializada pertence à marca *Orthos XXI*®. Trata-se de uma canadiana de adulto com braçadeira articulada designadas de C8. Possuem ponteiros de 20mm de borracha antiderrapante, punho standard, estrutura em alumínio e braçadeira fechada. A sua altura varia entre os 90 e 115cm (altura do perfil). O seu preço pode variar entre comerciais, mas nunca excedendo os 10 €/unidade.

De acordo com a manutenção da canadiana, os únicos elementos de substituição na canadiana são as ponteiros. Não se verificaram relatos de comerciais de saúde a considerarem outros elementos/peças. Segundo os dados, as ponteiros aconselháveis são as standards. Além de económicas (<1€ unidade) são tão eficazes como outros modelos (Ex: antiderrapantes).

Em tom de crítica ao equipamento, as respostas foram vagas, onde nem todos os

comercias se ofereceram a responder. Contudo, uma minoria demonstrou elementos relativamente à ergonomia do punho (punho mais macio) e à própria resistência da canadiana.

### 3.7 Considerações Finais

Durante esta fase do estudo observou-se que o utilizador de canadiana padrão é um indivíduo crítico em relação ao seu equipamento, procurando sempre um equipamento confortável à sua utilização. Contudo, mesmo considerando o conforto da canadiana, existem desconfortos que surgem em consequência dos longos períodos de utilização.

De acordo com a variedade de canadianas que existem no mercado, o utilizador crónico procurou sempre uma canadiana que não ultrapassasse os 50€/ unidade, ajustável no seu perfil, braçadeiras em vinil sem revestimento e com ponteiras e punhos *standard* (observou-se que existe uma margem considerável de população que utiliza equipamentos com um preço inferior a 10 €).

Neste seguimento, ao longo da pesquisa deparou-se que a canadiana é um dispositivo negligenciado tanto por quem utiliza como por quem o comercializa. Constatou-se que tanto para utilizadores com perfil provisório como crónico é sugerida a mesma gama de equipamento.

Durante a etapa de contacto com os profissionais de saúde não se verificaram casos questionando sobre as condições/perfil do utilizador. A canadiana é vendida indiscriminadamente a qualquer tipo de utilizador, seja ele crónico ou provisório, utilizador de uma ou duas canadianas.

Ao longo dos inquéritos denotou-se que existem pormenores distintos para a seleção do equipamento mais adequado. Estes pormenores evidenciam-se assim que se distingue utilizadores de uma ou duas canadianas.

Com isto conclui-se que este dispositivo deve ser tratado de acordo com a utilização de uma ou duas canadianas.

Através desta análise, foi possível verificar que os utilizadores de uma canadiana são, na sua maioria, utilizadores conformados e satisfeitos com a escolha do seu equipamento. Este tipo de utilizador apresenta pequenas queixas no que toca na arrumação do equipamento, mas relativamente a desconforto/ dores não se verificaram aspetos relevantes.

Logo de início, verificou-se uma lacuna na margem de utilizadores de uma canadiana que, segundo os profissionais de saúde, utilizam incorretamente a canadiana.

A canadiana quando utilizada individualmente deve ser colocada do lado oposto à lesão, contudo, apurou-se que ainda existe uma margem considerável de indivíduos que utilizam a canadiana incorretamente sem motivo aparente.

Seguidamente, segundo o tipo de braçadeiras mais utilizadas, foi clarividente que os utilizadores de uma canadiana optam por braçadeiras abertas. Este ponto sugere a hipótese de que segundo um utilizador de uma canadiana, a braçadeira aberta é a opção mais eficaz, mais confortável, tudo devido à sua forma aberta.

Relativamente a desconfortos/ dores inerentes a uma correta utilização de uma/duas canadianas, na maioria dos casos são negligenciados, no entanto, a maioria dos profissionais de saúde, 90% concretamente, recomendam e alertam os utilizadores para a correta utilização do dispositivo; o dispositivo mais adequado à tipologia do utilizador; e as dificuldades mais comuns durante o uso da canadiana, levantando-se a questão se, existirá ou não uma dificuldade no utilizador em reter esta informação ou se os utilizadores se adaptam à canadiana, muitas vezes em detrimento da correta utilização da mesma ou da eficiência do seu equipamento.

Segundo a Figura 30, verificou-se ainda que a fadiga, frustração e as dores são as principais causas para o abandono das canadianas, coincidindo também com algumas das consequências da correta utilização deste equipamento.

Em suma, com a correta e/ou a incorreta utilização da canadiana surgem complicações que podem levar ao abandono precoce da canadiana. Este fato sugere a hipótese de que não é possível eliminar definitivamente as implicações da utilização da canadiana. Estas consequências não devem ser negligenciadas em momento algum. Deverá existir um esforço para informar os utilizadores das consequências que acarreta a utilização de canadianas e um esforço para atenuar essas mesmas implicações.

Estas e outras seleções deverão ser consideradas segundo a opinião de quem utiliza, de quem prescreve e de quem vende estes equipamentos. Só assim se poderá assegurar uma harmonia entre correta utilização e conforto do utilizador.

Após análise da informação recolhida durante as entrevistas foi possível verificar (Figura 26) que existe uma margem considerável de utilizadores reconhecendo a dificuldade de arrumação do equipamento em espaços públicos e/ou transportes.

Sendo a canadiana desenvolvida como auxiliar de marcha a componente estabilidade deverá estar sempre intrínseca no componente. Desta forma considerou-se a estabilidade como uma necessidade evidente da canadiana.

De acordo com a opinião dos profissionais de saúde, a fadiga, dores e frustração durante o período de aprendizagem foram consideradas três das principais causas para o abandono precoce das canadianas.

Concretamente e observando cada uma das necessidades, à exceção da Arrumação, todas elas são consequência da simbiose entre equipamento e utilizador

Neste sentido, de forma a melhorar a eficiência da canadiana assumiu-se a hipótese que

melhorando as condições de interface (punho e braçadeira) entre utilizador e equipamento melhorar-se-á a estabilidade, a fadiga, dores e a aprendizagem. Desta feita, os focos de investigação considerados foram o punho.



## 4. ANÁLISE DO PUNHO

---

Com a melhoria da ergonomia de qualquer dispositivo, operado manualmente, verificou-se que a produtividade, qualidade e bem-estar do utilizador são também melhorados. É facilmente compreensível que ferramentas bem desenvolvidas tendo em conta a sua ergonomia reduzem o risco de lesões ocupacionais. [28]

De acordo com o mercado atual, foram selecionados vários punhos, com diferentes formas. Trataram-se de modelos de canadianas/punhos, facilmente adquiridos em farmácias ou via mercado on-line.

Identificados os punhos a analisar, procedeu-se a análise geométrica dos mesmos. Observaram-se as várias formas de punho, onde compreendeu-se melhor como pode a formado punho influenciar o desempenho do utilizador.

### 4.1 Seleção de punhos

De acordo com os resultados obtidos durante o levantamento das necessidades apurou-se que a forma mais eficiente de colmatar algumas das restrições surge numa análise qualitativa do punho da canadiana.

Para esta análise do punho foi utilizado o artigo “*Biomechanical evaluation of handgrips for the design of elbow crutches*” como base [25].

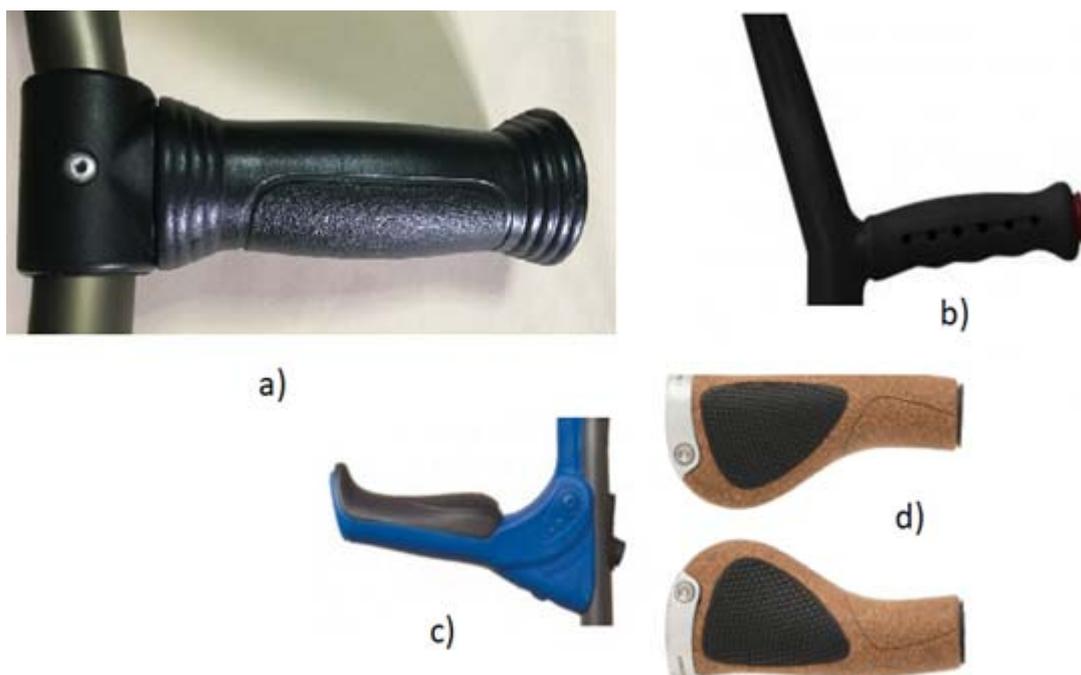
Foram selecionados quatro diferentes tipos de punhos de canadianas. Esta seleção foi

feita de acordo com a forma e os materiais utilizados nos punhos.

Inicialmente, de forma a considerar-se uma referência de conforto e desempenho de um punho, analisou-se o punho da canadiana pessoal do utilizador (Figura 31 a)). Tratou-se de um modelo standard, mais antigo, da marca Orthos XXI. Desta forma foi possível obter-se os indicadores para um punho da confiança do utilizador, que para esta análise servem de referência.

Seguidamente, considerou-se outro punho da marca Orthos XXI (Figura 31 b)). Este modelo, para além de ser o mais comercializado é reconhecido pelos comerciais de saúde como sendo o modelo standard para canadianas.

Neste seguimento, o punho da marca Orthia (Figura 31 c)), caracterizado como o mais suave dos quatro modelos, sugere a hipótese que este modelo foi desenvolvido considerado o conforto da zona da mão do utilizador. Por último considerou-se o punho ergonómico da marca Sidestix (Figura 31 d)). Trata-se de um punho invulgar pela sua forma daí o interesse em estudar esta forma e a sua ergonomia.



**Figura 31 - a) Punho Standard Orthos XXI (modelo CN C8 AL ARO MOV P.NYLON); b) Punho Standard Orthos XXI(modelo CN C8 INTEGRAL ARO MOV P.MACIO); c) Punho Suave Orthia; d) Punho ergonómico Sidestix.**

## 4.2 Métodos de análise

Após identificados os punhos a serem analisados procedeu-se ao ajuste da metodologia para este capítulo de análise. Assim, foi redefinido um método para análise, capaz de acrescentar informação relevante para o desenvolvimento deste estudo.

A um utilizador de duas canadianas, género feminino e massa aproximadamente 50 Kg, foi pedido para caminhar ao longo de um corredor com aproximadamente 20 metros utilizando cada um dos punhos selecionados em 4.1.

Utilizando cada punho alternadamente durante o trajeto definido, foram acoplados oito sensores, distribuídos pela palma da mão direita do utilizador, capazes de registar diferentes pontos de saturação ao longo do percurso. Identificado um padrão entre as diferentes fases da marcha a duas canadianas (marcha a três pontos) procurou-se limitar todo o registo apenas a uma passada deste utilizador (apenas uma fase de swing e a correspondente fase de stance).

### 4.2.1 Metodologia para análise geométrica

De acordo com a metodologia adotada procedeu-se à análise geométrica dos três modelos de punhos. Assim, foi possível identificar os diferentes diâmetros ao longo do comprimento dos diferentes punhos.

Para esta análise recorreu-se a um Scanner 3D. Este equipamento, ~~disponível na Escola de Saúde da Universidade do Minho,~~ Polhemus FastSCAN 3D Laser Scan (Figura 32),

Este equipamento recorre a um feixe laser, juntamente com uma lente ótica, ~~eobrindepara cobrir~~ toda a área do punho, exportando um ficheiro multimédia com uma imagem a três dimensões do objeto analisado. Note-se que foi importante pintar em tons de branco todos os punhos uma vez que este equipamento pode apresentar problemas com a captura de cores menos refletoras de luz.

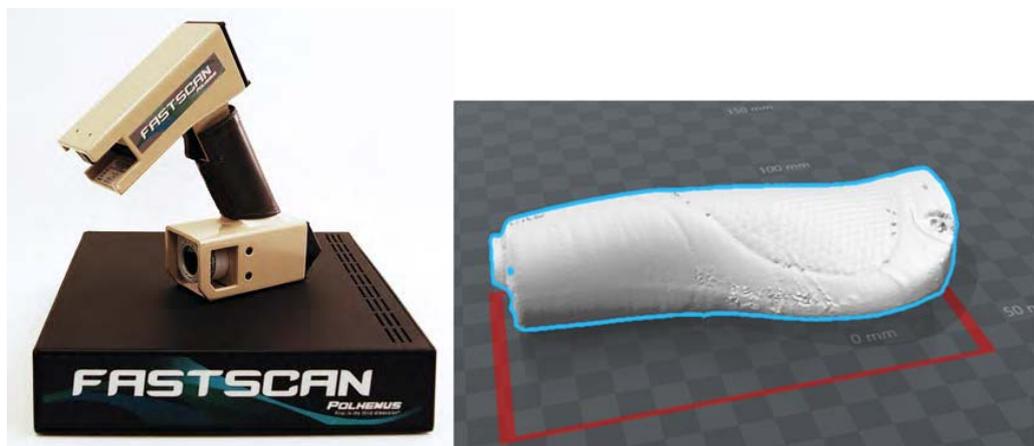


Figura 32 - Polhemus FastSCAN 3D Laser Scan. Imagem recolhida pelo FastSCAN.

Obtidas as imagens a três dimensões, procedeu-se à análise geométrica. Para o efeito recorreu-se ao software *SolidWorks*. Uma vez exportados os ficheiros para formato compatível com o software, analisaram-se várias secções dos vários punhos.

#### 4.2.2 Metodologia para análise de forças

De acordo com a definição física de pressão, distribuição de uma força por uma unidade de área, procurou-se compreender melhor o comportamento desta distribuição ao longo dos vários modelos de punhos.

Assim, optou-se pela utilização de sensores piezoresistivos (limite máx. de saturação 100 N) ligados diretamente a um Arduino, registando o comportamento da pressão em várias zonas da mão durante o percurso estabelecido. Através da Figura 33, definiu-se o modelo de aplicação dos vários sensores. Com recurso a um Arduino, foi possível recolher informação do comportamento da pressão exercida na interface Punho / Utilizador de canadianas. Com este tipo de análise foi possível monitorizar o perfil de pressões ao longo de um percurso utilizando canadianas. Procurar definir padrões, de acordo com o modelo de punho utilizado, para a marcha com duas canadianas. Paralelamente, identificar o comportamento de uma passada e consequentemente a distribuição das pressões na mão ao longo dessa mesma passada.

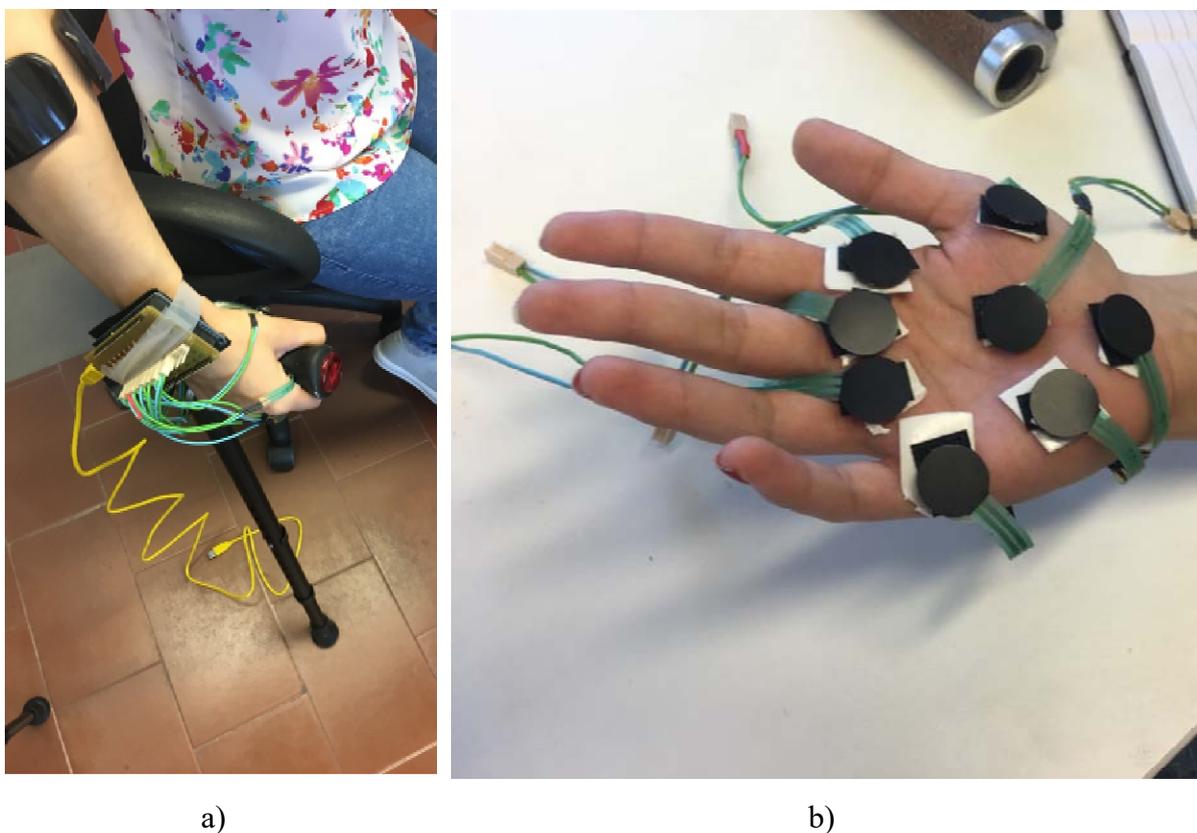


Figura 33 - a) Modelo para recolha de data (Arduino + sensores) ;b) Esquema da distribuição dos sensores na mão do utilizador.

### 4.3 Análise Geométrica

Analisando o punho do *Orthos XXI* (standard), Figura 34, conseguiu-se verificar que se trata de um punho com uma forma cilíndrica, onde não se verificaram grandes alterações de diâmetro ao longo do seu comprimento. Este facto sugere que existe um desajuste na área de contacto entre a mão e o punho levantando a hipótese de existir uma menor distribuição das pressões no punho. Outro pormenor verificado surge entre na secção C (zona final do punho), onde se verificou uma pequena alteração dos diâmetros externos do punho. Identificou-se que esta zona apresenta um diâmetro menor. Esta variação permite diminuir os movimentos de deslize na interface mão/punho durante a marcha com a canadiana. Além deste aspeto existem quatro pequenas depressões, visíveis ao longo da secção D, aumentando a área de contacto com os dedos, conferindo maior estabilidade durante a marcha.

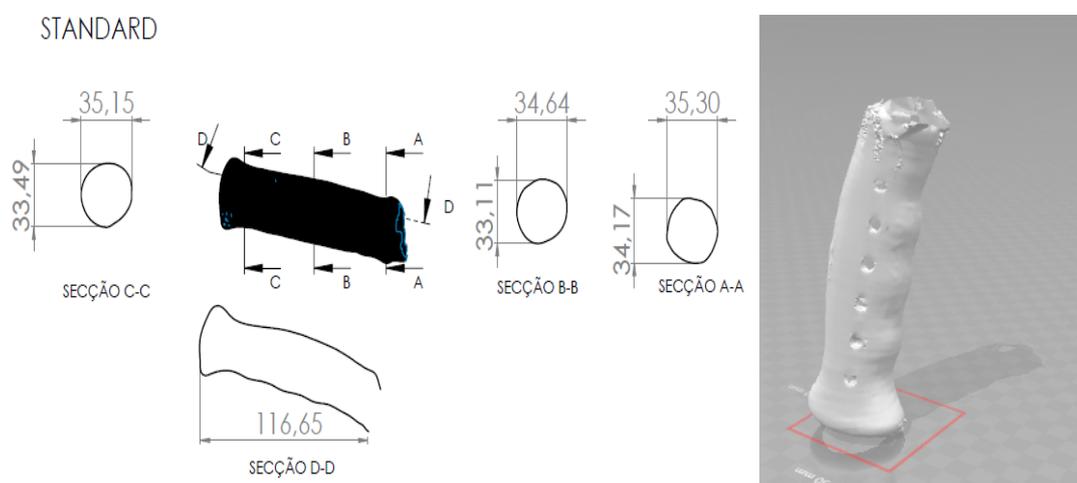


Figura 34 - Dimensões Punho *Orthos XXI* (standard) - dimensões em mm.

Seguidamente analisou-se o punho da marca Orthia, Figura 35. Através da secção A verificou-se que este punho apresenta uma forma particularmente irregular. Verificou-se que ao longo das secções o diâmetro externo do punho diminui. A secção C, zona com menor diâmetro externo e precedida de um aumento súbito do diâmetro da extremidade, secção D, permitindo fixar a mão nesta zona de ação. Além deste facto, observou-se que a secção A apresenta um diâmetro maior indicando maior concentração de pressão.

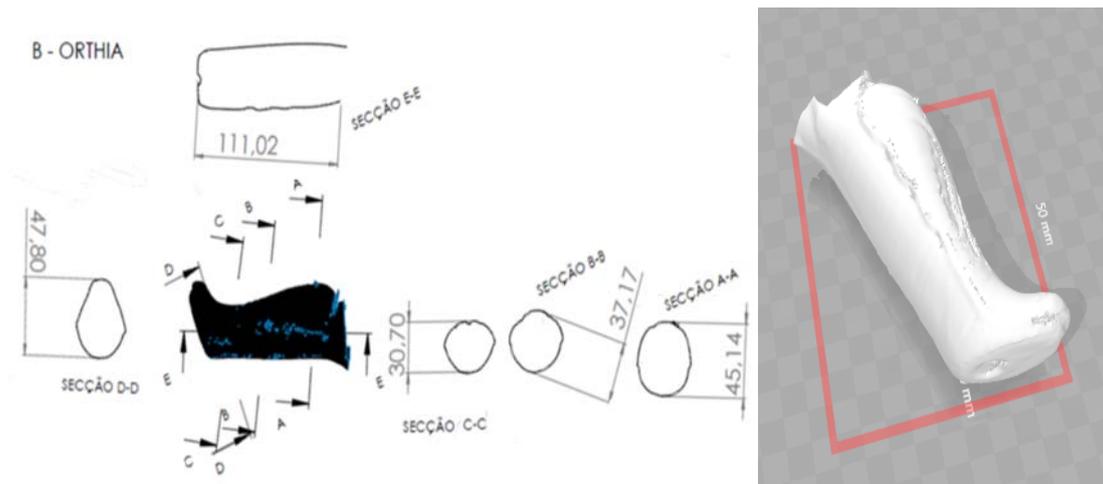


Figura 35 - Dimensões Punho *Orthia* - dimensões em mm.

Por último foi analisado o punho da marca *Sidestix*, Figura 36. Este punho, comparativamente com os restantes modelos, apresenta várias secções com diâmetros diferentes. Observou-se que existe um claro aumento da área de contacto ao longo das secções A, B e C. Para além desta evidência, identificou-se uma concavidade na secção B correspondendo à zona convexa a palma da mão e a côncava a zona dos dedos.

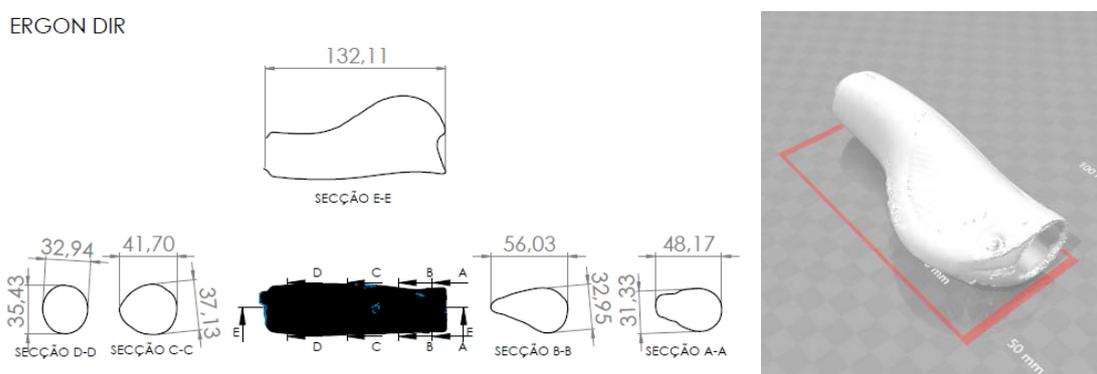


Figura 36 - Dimensões Punho *Sidestix* - dimensões em mm.

Em suma, observou-se que o punho da *Sidestix* apresenta uma maior variação dos diâmetros externos bem como variação da sua forma. Com a análise deste punho é possível afirmar que existiu uma clara preocupação em aumentar as áreas de contacto da interface punho/mão, podendo-se sugerir que este punho apresenta o melhor desenho, aumentando a área de contacto melhorou-se a distribuição de pressões entre a mão e o punho.

#### 4.4 Distribuição de Pressões

De forma a confirmar a hipótese anterior e compreender melhor as relações entre conforto e áreas/zonas de pressão na palma da mão, recorreu-se à distribuição de vários sensores

de pressão piezoresistivos.

Operando o equipamento, durante o exercício, recorreu-se a um utilizador do género feminino. Este utilizador apresentava uma marcha a três pontos derivado de limitações num dos membros inferiores.

Depois de identificados os 4 tipos de punhos utilizados para esta análise foi possível analisar a performance de cada punho durante uma marcha a três pontos. Foi possível identificar as relações entre as maiores zonas de pressão de acordo com o tipo de punho.

Rapidamente observou-se que em todos os punhos, a marcha com canadianas apresenta maiores valores de pressão durante a fase de swing, onde toda a massa do corpo humano é suportada nos membros superiores.

Após a obtenção dos dados, analisou-se cada sensor individualmente de acordo com o tipo de punho. Procurando saber a performance de cada punho de acordo com cada zona específica.

Os sensores foram distribuídos de acordo com o esquema da Figura 37.

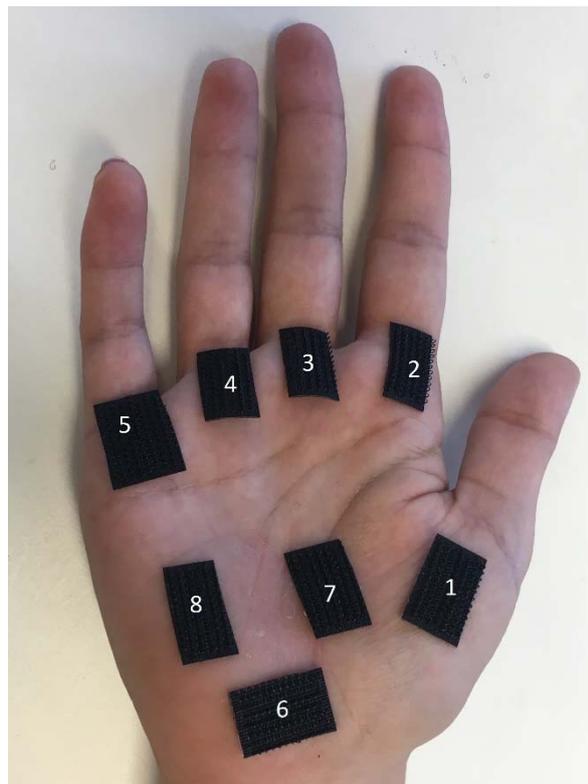


Figura 37 - Esquema de sensores de pressão na palma da mão do utilizador.

Durante a análise, recorreu-se a 8 sensores piezoresistivos com determinadas características (ANEXO C). Aplicados de acordo com o esquema da Figura 37, estes sensores foram ligados a um Arduino, registando, ao longo de um determinado percurso, os valores de

força de cada sensor. De acordo com os valores de saturação, foi estabelecida uma correspondência com as duas fases de marcha.

Neste seguimento, de forma a definir uma referência durante a análise dos vários punhos, foi observada a marcha do modelo com a sua própria canadiana (Figura 38).

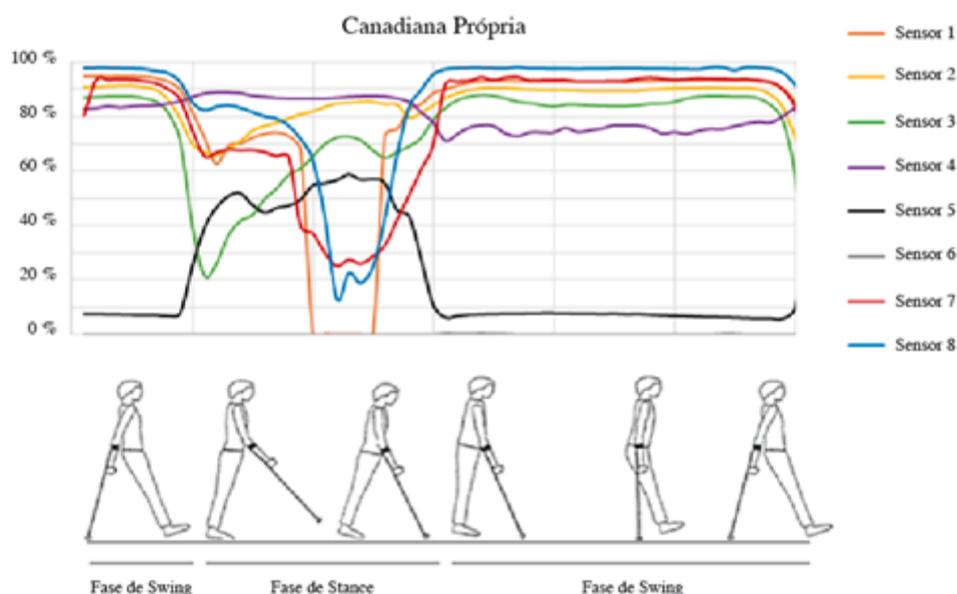


Figura 38 - Análise da marcha do modelo.

A partir da Figura 38 foi possível obter-se a distribuição das zonas de maior pressão de acordo com o momento de marcha. Uma vez utilizados sensores piezoresistivos ligados diretamente a um registador (Arduíno + Computador), foi possível definir zonas da mão onde as forças podem exceder os 100N durante fases alternadas da marcha. Note-se que ao longo da marcha deste utilizador, a distribuição de pressão, em vários sensores varia de acordo com a fase de marcha subjacente. Facilmente se confirma a hipótese de que durante a fase de swing os membros superiores são sujeitos a maiores pressões, no entanto, observando detalhadamente, verificou-se que durante a fase de *stance*, determinadas zonas da mão são solicitadas para mover a canadiana. Ou seja, todas as pressões aplicadas durante a fase *stance* foram consequência da massa da canadiana.

De outra forma pôde-se sugerir a hipótese de que durante a fase de *swing*, as pressões verificadas são consequência da massa do próprio utilizador enquanto que durante a fase de *stance* são reflexo da massa do equipamento.

Outro facto verificado durante a análise da distribuição de pressão foi a ausência de contacto entre o utilizador e o punho na região 6 da mão. Em nenhum momento se verificou alterações de valor no sensor 6.

Neste seguimento analisou-se individualmente cada modelo de canadiana, de forma a

conseguir comparar as diferentes pressões em cada zona da mão durante a fase de *swing*. Para o efeito, foram criados diagramas de cores. Foram definidos quatro estados/cores para cada sensor, sem contacto com a canadiana (azul), saturação entre os 0-50% (verde), 50-90% (laranja), >90% (vermelho).

De acordo com a Figura 39 foi possível observar-se a distribuição das zonas de diferentes pressões. Uma vez tratar-se de um modelo de canadiana utilizada diariamente por este indivíduo, toda a análise que se seguiu teve como referência esta distribuição.

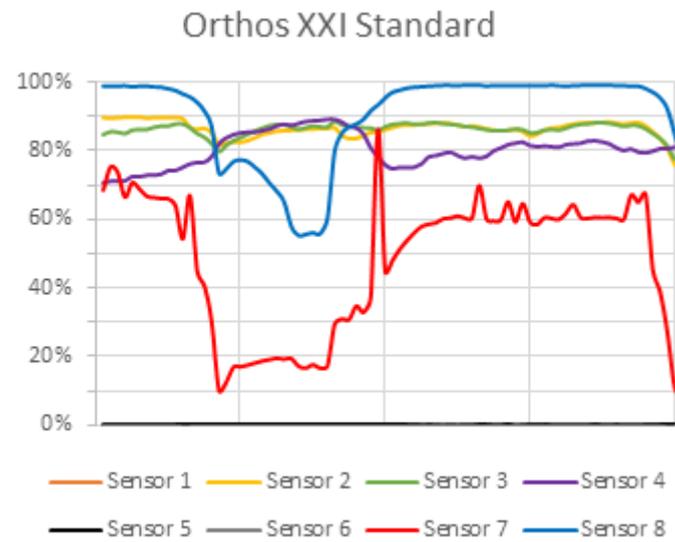
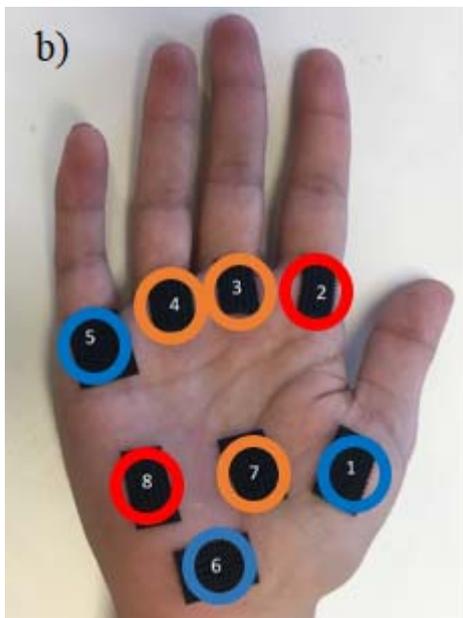
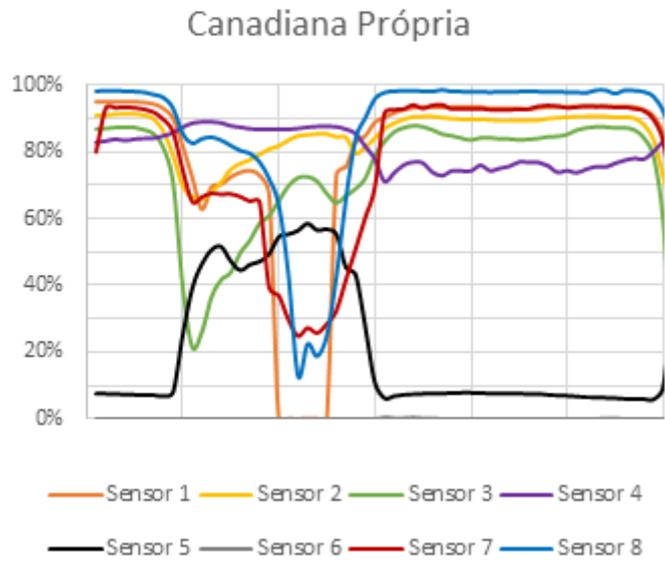
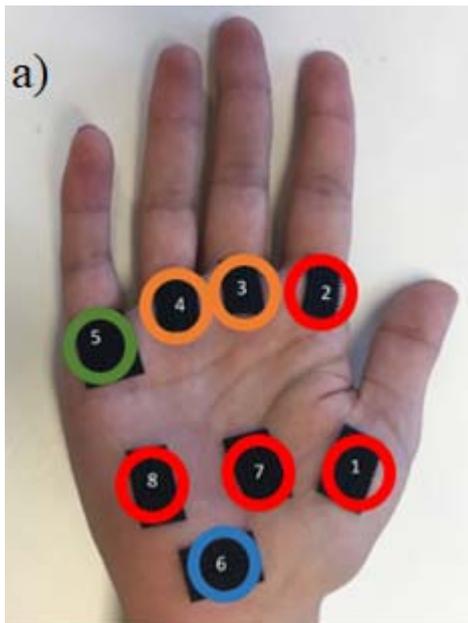


**Figura 39 - Potenciais de cada sensor. Punho Standard *Orthos XXI* (modelo CN C8 AL ARO MOV P.NYLON).**

Denote-se que existem quatro zonas críticas na mão do utilizador durante a utilização do seu dispositivo, estas apresentam elevadas concentrações de pressão nas zonas da palma da mão. De acordo com este facto e após diálogo com utilizador, apurou-se que quanto maior for área de contacto entre a canadiana e palma, maior será a distribuição de pressão. Por consequência menor será a probabilidade de existirem áreas de desconforto.

Seguidamente procurou-se corroborar a hipótese anterior através da análise de outros modelos de punhos.

O punho da *Sidestix*, Figura 40 c), apresentou o melhor desempenho durante o teste. Observou-se que este punho, juntamente com o punho standard da *Orthos XXI*, apresentaram apenas duas zonas críticas (zona vermelha). No entanto, ao contrário do punho standard, onde se verificaram três zonas sem contacto (zona azul), o modelo da *Sidestix* apresentou a melhor distribuição de pressões, verificando-se que todas as áreas da mão foram solicitadas a atuarem durante a marcha.



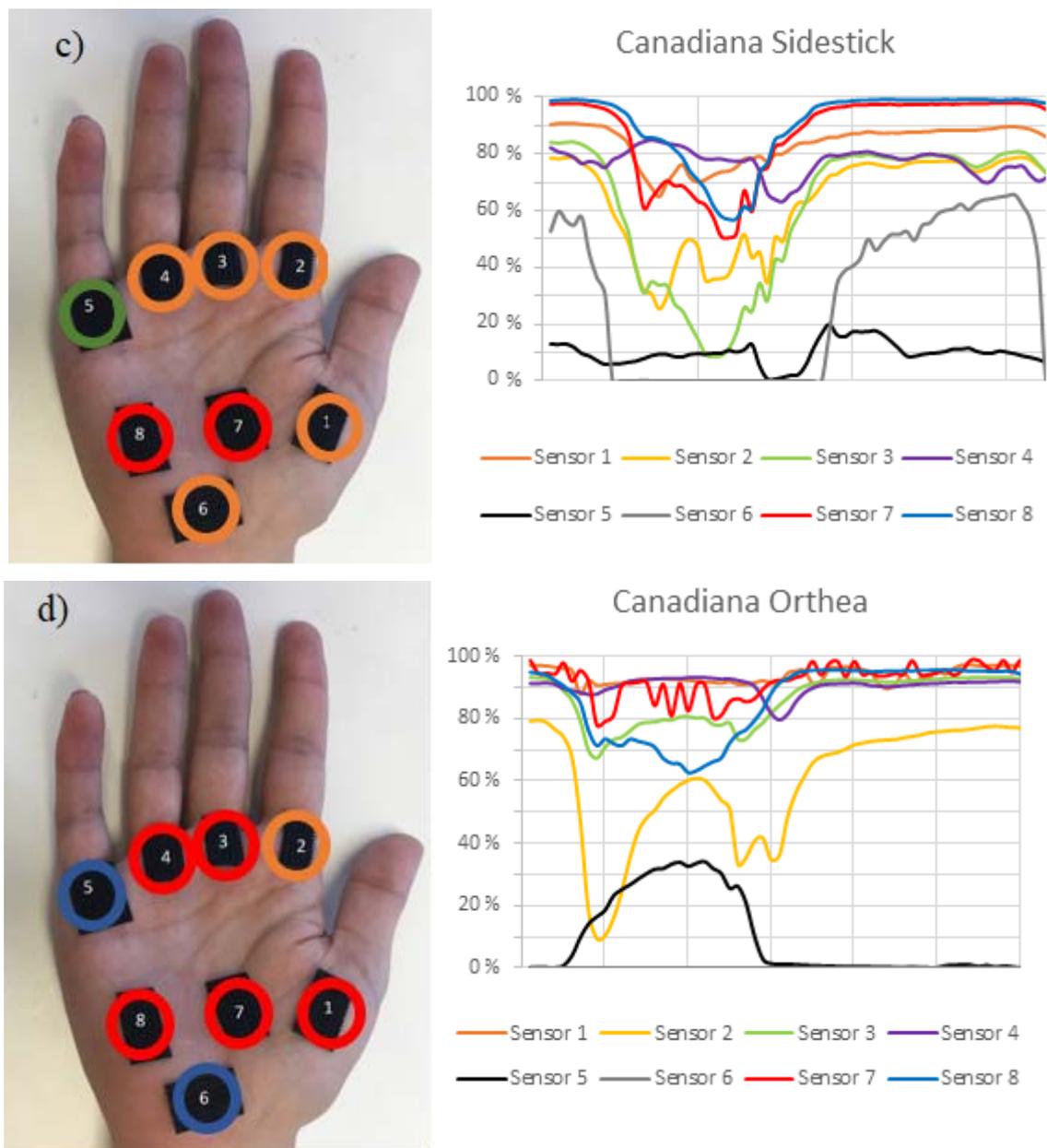


Figura 40 - Saturação dos sensores de acordo com os tipos de punhos observados. a) Referência, *Orthos XXI*; b) Canadiana standard *Orthos XXI*; c) *Sidestix*; d) *Orthia*.



## 5. DESENVOLVIMENTO TÉCNICO

---

De acordo com os resultados obtidos durante a análise de distribuição de pressões, identificou-se o punho Sidestix como referência para o desenvolvimento de protótipos.

Uma vez qualificadas as zonas da mão, caminhou-se na hipótese de modificar as zonas de menor pressão, aumentando a sua solicitação durante a marcha. Modificando as formas e a área de contacto punho/mão, redistribuiu-se a pressão nas zonas em que existia menos percentagem de saturação de cada sensor.

### 5.1 Abordagem

Inicialmente, de acordo com a referência (punho Sidestix), registou-se um padrão de marcha, a dois pontos, ao longo de trinta metros em linha reta. Assim, definiu-se o percurso a ser utilizado durante o registo dos vários protótipos.

Uma vez mais, foram utilizados os mesmos sensores para registar as percentagens de saturação nas diferentes zonas da mão direita.

Estabelecida as áreas do punho a serem atuadas, seguiu-se na direção de criar protótipos de punhos. Todos os protótipos foram submetidos à mesma análise qualitativa que foi efetuada no punho referência. Estes protótipos foram criados de acordo com a distribuição da pressão, construindo-se cinco punhos diferentes. Inicialmente foi criado um punho em silicone com a forma e dimensão idêntica ao punho de referência. Através deste punho foi possível identificar o impacto que o tipo de material tem na distribuição de pressões. Seguidamente, foram criadas

duas formas onde o foco cingiu-se ao aumento da área de contacto entre a mão e o punho. Enquanto maleável, estes dois punhos foram sujeitos ação da mão, moldando o material à forma da mão.

Seguidamente, os restantes dois punhos foram criados com a mesma forma do punho referência, distinguindo-se apenas no ajuste das áreas de contacto dos punhos.

Efetuada a análise e registo, procedeu-se à caracterização e validação das melhores performances. Neste seguimento, foram registadas e analisadas as distribuições das pressões, dos oito sensores, durante uma passada, procurando identificar qual a melhor forma e dimensão do punho.

## 5.2 Prototipagem

Uma vez identificado o punho direito da Sidestix, como referência partiu-se da forma deste punho para o desenvolvimento de novos punhos.

Pesquisou-se e identificou-se o melhor processo para obtenção de novos punhos a partir da referência. A prototipagem por moldagem de materiais é vulgarmente utilizada na construção de próteses dentárias. Através de um processo simples e artesanal é possível obterem-se dentições ou coroas de dentes com detalhe suficiente para garantir a oclusão dos maxilares. Neste seguimento identificou-se o silicone de condensação, Figura 41, como material ideal para a construção dos novos punhos.

Trata-se de um material viscoso com a capacidade de se moldar a qualquer forma, solidificando-se em minutos após mistura com um catalisador específico. Apresenta uma boa resistência mecânica, semelhante ao material utilizado nos punhos mais convencionais.



**Figura 41 - Silicone de condensação.**

Identificado o melhor punho de acordo com a distribuição das pressões na zona de interface mão/canadiana, procedeu-se à otimização da forma do punho referência.

Através de técnicas de estampagem/moldagem de próteses dentárias, foi criado um molde do punho referência. Através da Figura 42 foi possível observar-se o detalhe do material de moldagem. O molde é fixado com grampos para em seguida injetar-se o silicone para o interior. Após alguns minutos, os moldes foram destacados dando origem a um punho idêntico ao punho referência, relativamente à sua forma.



**Figura 42 - Molde negativo do Punho Referência.**

Neste seguimento foram criados cinco punhos idênticos entre si, todos criados a partir do mesmo molde. Através dos resultados obtidos na secção 4.4, modificaram-se as formas destes punhos aumentando o diâmetros e formas dos vários protótipos de punhos.

Primeiramente foram construídos três punhos, onde apenas um deles se assemelha nas suas dimensões e forma ao punho referência. Só assim foi possível identificar a contribuição que o tipo de silicone pode provocar durante a análise sensorial da marcha. Aos restantes dois punhos, foram adicionadas porções de silicone para, ainda moldável, ser possível pressionar e criar formas com mais área de contacto. As principais zonas de alteração foram a palma da mão e dedos.

Primeiramente foram construídos três punhos, onde apenas um deles (Figura 43-1) se assemelha nas suas dimensões, ao punho referência. Só assim foi possível identificar a contribuição que o tipo de silicone pode provocar durante a análise sensorial da marcha. Aos restantes dois punhos, foi adicionada porções de silicone para, ainda moldável, ser possível pressionar e criar a forma com mais área de contacto entre a mão e o punho. De acordo com a Figura 43, observam-se alterações na zona de contacto dos dedos e da palma, aumentando-se estas zonas de forma a aumentar a área de contacto nas zonas 1, 6, 7 e 8 (Figura 37). Estas zonas foram destacadas na Figura 44.



5

4

3

2

1

Punho Referência

Figura 43 - Protótipos de silicones.



Figura 44 - Punho n° 2 e 3. Zonas alteradas.

Seguidamente, os punhos nº 4 e 5 foram criados a partir do aumento da folga entre a face superior e inferior dos moldes (Figura 45). Através deste método, foi possível criar dois punhos idênticos entre si. No esquema abaixo representado é perceptível a existência de um intervalo (“x”) entre o molde superior e o inferior. O punho nº 4 foi obtido a partir de uma folga de 3,0 mm enquanto o punho 5 apresentou uma folga de 1,5 mm.

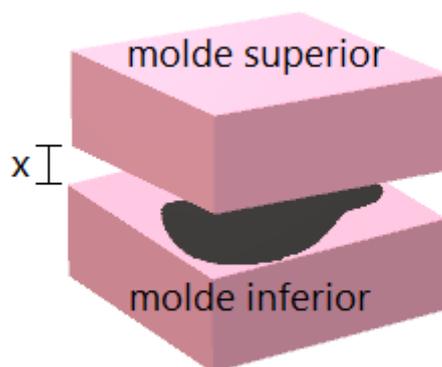


Figura 45 - Esquema para conceção dos punhos nº 4 e 5.

### 5.3 Caracterização e validação

Criados os protótipos, procedeu-se a validação e caracterização dos mesmos. Neste sentido, a metodologia adotada durante a análise de distribuição de pressões (secção 4.4) foi repetida para cada um dos protótipos.

Ao utilizador, do género masculino, com 1,90 m e 90 kg, foi pedido para caminhar com duas canadianas durante aproximadamente 30 metros. O tipo de marcha adotada para esta análise foi a dois pontos.

Após acoplado os sensores e Arduíno ao membro do utilizador procedeu-se ao registo da marcha. Ao longo desta análise foram registados os valores de saturação de acordo com os 5 protótipos criados. Em seguida foi seccionado o período de cada passada.

Através da Figura 46, foi possível observar-se a percentagem de saturação dos 8 sensores ao longo de uma passada a dois pontos, utilizando os diferentes protótipos. Obtidas as percentagens de saturação, definiu-se o(s) protótipo(s) mais eficiente(s). Procurou-se identificar os protótipos com maior número de sensores saturados, assumindo a hipótese de que quantos mais sensores estiverem saturados, ou parcialmente saturados, mais eficiente será a distribuição das pressões entre a mão e o punho do utilizador.

Assumindo a hipótese que a distribuição de pressões está diretamente associada ao conforto do utilizador, procurou-se identificar os punhos com maior saturação do maior número

de sensores.

Através da análise do punho Referência, observou-se o comportamento das várias zonas de pressão durante uma passada a dois pontos.

De acordo com o punho 1, observou-se que o comportamento foi idêntico ao punho referência, no entanto, observando o comportamento do sensor 6, notou-se que esta zona, ao contrário da referência, foi solicitada, existindo zonas de saturação que podem rondar os 50%. Com um comportamento oposto, salienta-se o comportamento do sensor 8, visto que durante a fase de stance, esta zona é completamente desprovida de pressão. Embora se trate de um punho com uma forma idêntica à referência, notou-se que a utilização de um material diferente pode provocar pequenas alterações na distribuição de pressão.

Observando a distribuição para o punho 2, constatou-se que as alterações de formas podem aumentar as zonas menos solicitadas. Verificou-se uma maior solicitação, mais uniformizada perto do ponto máximo de saturação, das várias zonas durante as duas fases da marcha. Contudo, as zonas dos sensores 6 e 8 ainda percorrem um vasto intervalo de saturação, existindo fases da marcha (stance) onde não são solicitadas e outras (fase de swing) onde podem tomar valores perto da saturação.

Relativamente ao punho 3, observou-se que todas as zonas da mão são solicitadas, no entanto, os valores de saturação abrangem toda o espectro. Puderam-se observar zonas idênticas ao punho 2, verificando-se fases da marcha onde não são solicitados sensores, e fases, em que estas mesmas zonas são altamente solicitadas.

De acordo com estes gráficos notou-se que o punho 4 e 5, foram os punhos com melhor desempenho. Neste sentido, observando estes dois protótipos, conclui-se que todas as zonas da mão foram sujeitas a tensões. Aliás, a maioria dos sensores, exceto o sensor 6 do punho cinco, apresentaram uma percentagem de saturação acima dos 50%, verificando uma maior distribuição da pressão pelas várias zonas da mão durante a fase de stance e swing.

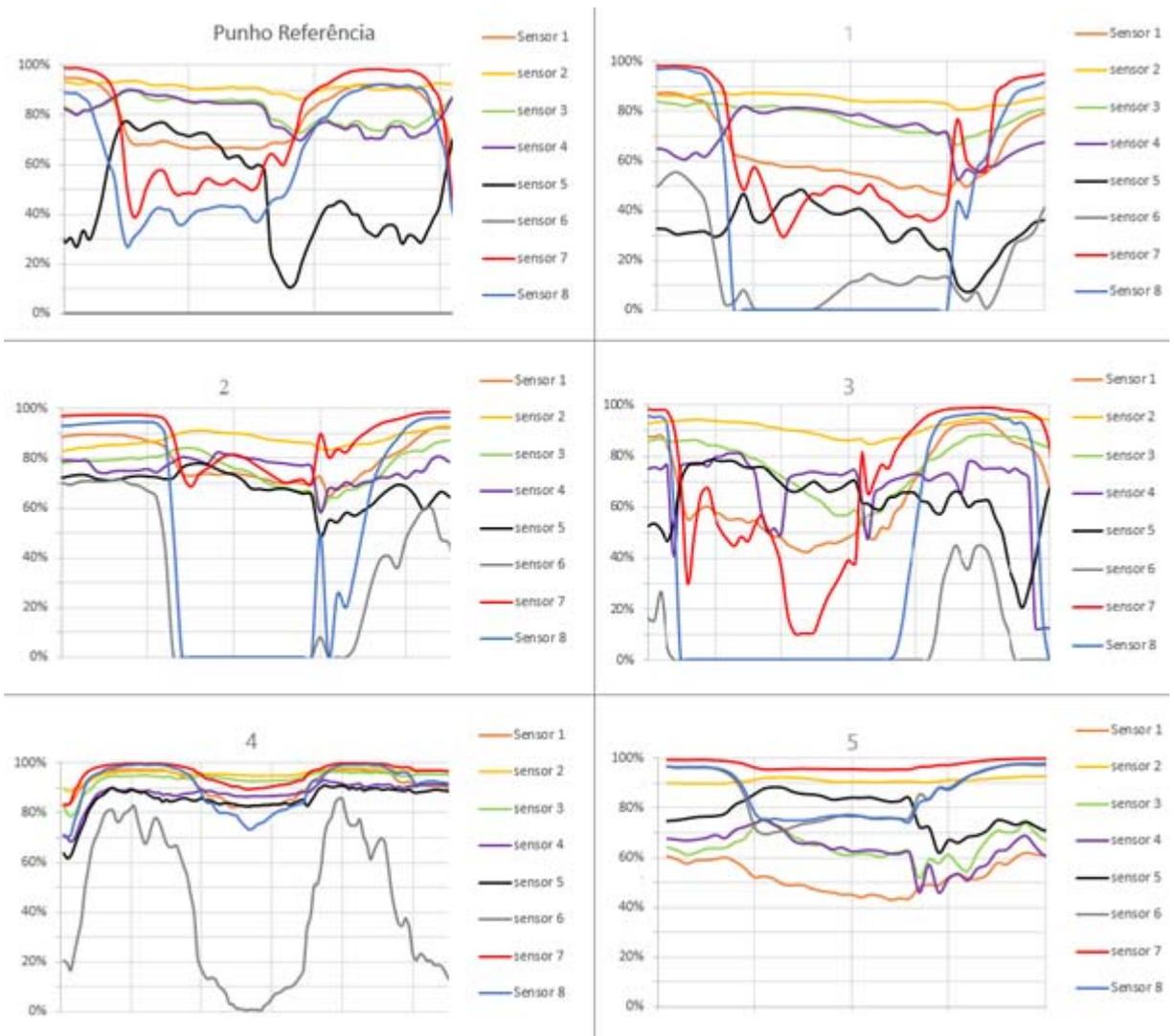


Figura 46 - Perfil de carga para os diferentes protótipos.



## 6. CONCLUSÃO

---

O objetivo central desta dissertação assenta na avaliação do atual estado da canadiana, analisando a viabilidade e desempenho da canadiana, procurando responder às questões:

*Terá ou não sido negligenciado o desenvolvimento da muleta/canadiana?*

e

*Será que existe margem para melhoramento deste dispositivo?*

Ao longo desta dissertação conclui-se que a canadiana tem sido subvalorizada. Os resultados de entrevistas e inquéritos indicam a ausência de um equipamento que preencha os requisitos do utilizador, bem como os requisitos de quem prescreve a utilização deste dispositivo.

A canadiana, na ótica do utilizador crónico, apresenta lacunas, levantando a hipótese de que este dispositivo tem sido, ao longo dos anos, negligenciado.

Observou-se, durante a abordagem a profissionais de saúde, que existe um vasto número de utilizadores que utilizam incorretamente a canadiana. Este aspeto torna-se evidente quando abordados os utilizadores de uma canadiana. A utilização da canadiana no flanco oposto à lesão, não se torna óbvia a todos utilizadores. Existe um número considerável de indivíduos que utilizam a canadiana incorretamente (mesmo lado da lesão).

Embora existam consequências inerentes à utilização crónica da canadiana, concretamente desconfortos e/ou dores crónicas, estes sintomas podem-se intensificar com a incorreta utilização do equipamento, ou até, em certos casos, comprometer a função para que a canadiana foi prescrita.

Observando a canadiana com mais detalhe, concluiu-se que as principais áreas de desenvolvimento do produto assentam na evolução das interfaces utilizador/ equipamento e no equipamento/ ambiente.

Relativamente às interações utilizador/equipamento, conclui-se que o principal protagonista para o desconforto do utilizador assenta no punho. Ao longo deste estudo, abordaram-se vários tipos/ modelos de punhos de canadianas, afirmando-se o punho da Sidestix, como o punho com melhor desempenho. Durante a análise, caminhou-se e evoluiu-se na proposta de que o conforto associado à utilização da canadiana está diretamente relacionado com a distribuição das pressões no punho. Quanto maior for a área de contacto entre a mão e o punho do equipamento mais confortável se torna a canadiana.

Neste sentido, há indícios para se afirmar que existe margem para melhorar a performance do punho ajustando a distribuição das pressões à mão do utilizador.

Posto isto, conclui-se que o desenvolvimento de um sistema capaz de criar punhos personalizados a cada utilizador colmatará algumas limitações, melhorando desta forma o conforto do utilizador e os processos de aprendizagem.

Ainda relacionado com a interface equipamento/utilizador, a braçadeira apresentou-se como componente a ser considerado para melhoria. Contudo, durante este estudo, não foram considerados métodos para melhorar o componente.

Neste seguimento, este estudo propõe, para análises futuras, uma abordagem conceptual à braçadeira da canadiana. Este componente apresentou fortes indícios que apontam para o seu melhoramento. Entre estes indícios identificaram-se alguns como: comprometimento da estabilidade da canadiana e o material entre a interface utilizador/ equipamento.

Respondendo às necessidades identificadas durante este estudo, principalmente ao desenvolvimento de componentes personalizados, este estudo propõe o desenvolvimento de um modelo de canadiana capaz de oferecer um punho personalizado ao seu utilizador. Durante a fase de entrevistas e inquéritos, identificou-se interesse nos utilizadores para a aquisição dum equipamento com estas características. Note-se que este conceito foi desenvolvido considerando utilizadores crónicas.

## REFERÊNCIAS

---

- [1] B. M. Joyce and R. L. Kirby, “Canes, crutches and walkers.,” *Am. Fam. Physician*, vol. 43, no. 2, pp. 535–42, Feb. 1991.
- [2] J. Hallarcs, “An Evaluation of Crutches,” *Physiotherapy*, vol. 77, no. 3, pp. 156–160, 1991.
- [3] K. T. Ulrich and S. D. Eppinger, *Product Desing and Development*, Primeira. Nova Iorque, 1995.
- [4] R. L. K. Brenda M. Joyce, “Canes, crutches and walkers,” 1991.
- [5] “Dispositivos Auxiliares de Marcha.” [Online]. Available: <http://pt.scribd.com/doc/62728678/Dispositivos-Auxiliares-de-Marcha#scribd>. [Accessed: 16-Oct-2015].
- [6] “Tipos de muletas\_Managed Care.” [Online]. Available: <http://www.365saude.com.br/pt-healthcare-industry/pt-managed-care/1009022313.html>. [Accessed: 16-Oct-2015].
- [7] A. L. Brooks and S. B. Fowler, “Axillary Artery Thrombosis after Prolonged use of Crutches.,” *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 46, no. 4, pp. 863–4, Jun. 1964.
- [8] L. Orandall and Plainfield, “UNITED STATES PATENT OFFICE,” 1863.
- [9] C. J. Ballirano, P., “Pattern : 01-070-7347,” 1955.
- [10] “Patente de invenção europeia nº 2281541,” vol. 2, pp. 1–11, 2017.
- [11] “Flamingo Crutch Exc. on Behance.” [Online]. Available:

- 
- <https://www.behance.net/gallery/22462391/Flamingo-Crutch-Exc>. [Accessed: 08-Nov-2015].
- [12] “iWALKFree Hands Free Crutch - Crutches Are Now Obsolete!” [Online]. Available: <http://www.iwalk-free.com/>. [Accessed: 16-Oct-2015].
- [13] F. Homrighausen, “Seat Attachment for Crutches,” *United States Pat. Off.*, 1945.
- [14] *Muleta de alumínio c/ altura regulável - Adultos e Crianças*, 6th ed. McGraw-Hill Higher Education, 2003.
- [15] *Home - SideStix*, 6th ed. McGraw-Hill Higher Education, 2003.
- [16] *Canes, Crutches and Walkers | Quest Magazine Online*, 6th ed. McGraw-Hill Higher Education, 2003.
- [17] Thomas Fetterman, *Titanium Crutches Shock Absorbing Slip Resistant*, 6th ed. McGraw-Hill Higher Education, 2003.
- [18] “Home | orthosxxi.” [Online]. Available: <http://www.orthosxxi.com/pt/>. [Accessed: 02-Dec-2015].
- [19] R. Seeley, “Anatomia e Fisiologia,” 6th ed., McGraw-Hill Higher Education.
- [20] M. Control and G. Analysis, “Organization of Motor Control,” no. March, 2013.
- [21] “Análise da Marcha - Definição, mecanismos e objetivos da marcha, ciclo da marcha.” [Online]. Available: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAAQhYAL/analise-marcha>. [Accessed: 16-Oct-2015].
- [22] “Ambulatory Aids.” [Online]. Available: <http://faculty.mu.edu.sa/public/uploads/1413950588.40377-Ambulatory Aids.pdf>. [Accessed: 21-Oct-2015].
- [23] “Como usar muletas corretamente.” [Online]. Available: <http://www.tuasaude.com/como-usar-muletas-corretamente/>. [Accessed: 16-Oct-2015].
- [24] C. Hall, “External pressure at the hand during object handling and work with tools,” *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 20, no. 3, pp. 191–206, 1997.
- [25] M. Com *et al.*, “Biomechanical evaluation of handgrips for the design of elbow crutches,” vol. 10, pp. 115–121, 1999.
- [26] H. Stromberg, C. Dallred, and S. C. DeWit, *Medical-Surgical Nursing : Concepts & Practice*. .

## **ANEXO A - PUBLICAÇÕES**

---

J. C. Malta, S. B. Gonçalves, A. P. Souto, A. F. Silva “Canadiana - Qual o estado atual deste dispositivo?”, 7º Congresso Nacional de Biomecânica, Guimarães, Portugal, 10-11 Fevereiro 2017.



## CANADIANA: QUAL O ESTADO ATUAL DESTES DISPOSITIVOS?

JC Malta<sup>1</sup>, SB Goncalves<sup>2</sup>, AP Souto<sup>3</sup>, AF Silva<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dep. Engenharia Mecânica, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal

<sup>2</sup>CMEMS-UMinho, Universidade do Minho, Portugal

<sup>3</sup> Dep. Engenharia Têxtil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Portugal

\*asilva@dei.uminho.pt

**PALAVRAS-CHAVE:** Canadiana, Dispositivo Médico

**RESUMO:** A canadiana é possivelmente um dos dispositivos médicos mais antigos da história. Este foi desenvolvido para auxiliar o Homem, que por motivos de doença ou lesão, apresenta uma limitação a nível da locomoção. O uso de canadianas é generalizado em reabilitação e clinicamente, a necessidade de restringir o suporte da carga do corpo nos membros inferiores é muitas vezes indicada em patologias destes membros como fraturas, condições reumáticas, ou doenças vasculares. Olhando para a história de evolução da canadiana, facilmente se verifica que estas pouco se alteram desde do seu conceito inicial, levantando a questão se estas terão atingido o seu potencial máximo, ou se são um produto negligenciado em termos de importância médica. Este artigo procura responder a esta dúvida, realizando um estudo do atual conceito de canadiana.

### 1. INTRODUÇÃO

Os auxiliares de marcha, como muletas, canadianas ou andarilhos, são utilizados por indivíduos de várias idades e com diferentes patologias. Qualquer indivíduo onde se revele comprometida a habilidade de caminhar, seja esta de origem neurológica ou mecânica, pode utilizar dispositivos de locomoção, de forma a melhorar o desempenho da sua marcha [1].

A canadiana é possivelmente um dos dispositivos médicos mais antigos da história, evoluindo do conceito da bengala. Desenvolvida para auxiliar o homem durante a sua locomoção que muitas vezes encontra-se comprometida, piorando a qualidade de vida do utilizador bem como a sua saúde [2].

São inúmeros os tipos e formas que as canadianas podem adquirir. Estes aspectos variam de acordo com as características que os utilizadores procuram para os seus requisitos.

A prescrição destes dispositivos envolve detalhes como a capacidade que o utilizador tem para operar o dispositivo. Além desta consideração, outros objetivos como: aumento da estabilidade e do equilíbrio, redução ou

eliminação da pressão sujeita nos membros inferiores e compensação pela perda de força muscular são aspectos igualmente importantes [2].

Este artigo apresenta como principal objetivo a avaliação do estado atual da canadiana, ou seja, analisar a viabilidade e desempenho da canadiana, procurando responder às questões:

- i. terá ou não sido negligenciado o desenvolvimento da canadiana?*
- ii. será que existe margem para melhoramento deste dispositivo?*

A resposta a estas questões foi obtida através da análise da possibilidade de melhoramento deste dispositivo pela determinação de lacunas que possam existir nos vários tipos de canadianas.

### 2. METODOLOGIA

Para caracterizar o atual modelo de canadiana, foi necessário compreender e descortinar todas as necessidades e lacunas do dispositivo em si. Neste sentido, o recurso a inquéritos apresentou-se como uma opção válida para estabelecer as principais funções, perfis de

utilização e necessidades da canadiana enquanto dispositivo ortopédico de locomoção. Deste modo, foram definidos três grupos distintos de inqueridos. Esta seleção foi considerada de acordo com a experiência de quem utiliza canadianas (utilizadores de canadianas), do feedback de quem prescreve ou lida correntemente com estes utilizadores (mais concretamente, profissionais de saúde) e dos profissionais que comercializam este tipo de equipamentos (comerciais de saúde e lojas ortopédicas). Realizados através da presença física de entrevistador com o entrevistado, os inquéritos compreenderam um conjunto de perguntas abertas e fechadas. Esta análise quantitativa forneceu respostas que podem ser quantificáveis e expressas numericamente, facilitando o processo de interpretação e análise e requerem maior cobertura na sua aplicação. De acordo com a metodologia adotada, pretendeu-se aumentar a sensibilidade de percepção deste dispositivo, atendendo às necessidades específicas de cada utilizador, desde a relação direta entre patologia e expectativas de quem utiliza este dispositivo diariamente; dos efeitos colaterais que existem consequentes da correta e/ou incorreta utilização da canadiana; percepção do conhecimento específico de quem utiliza; prescrição e comercialização deste dispositivo; bem como a relação que existe entre as necessidades diretas dos utilizadores e a resposta que o mercado oferece.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com este estudo pretendeu-se demonstrar individualmente, entre os três grupos selecionados, a compilação dos resultados do levantamento de necessidades identificadas ao longo das entrevistas realizadas, bem como as interações que possam existir entre respostas de grupos diferentes.

#### 3.1 POPULAÇÃO DO ESTUDO

Relativamente aos utilizadores, o processo de aquisição de dados focou-se principalmente sobre indivíduos que correspondessem aos

critérios de uma utilização prolongada de canadianas. Para tal, definiu-se como critério para participação no estudo, uma utilização mínima de 6 meses e idade superiores a 18 anos. Desta forma, esperou-se obter dados de utilizadores baseados na sua longa experiência de utilização.

Através destes utilizadores, pretendeu-se obter o perfil de utilização do dispositivo, considerações gerais e limitações do dispositivo. Devido às suas condicionantes motoras, esta amostra da população mostrou tendencialmente ter uma visão mais crítica acerca do dispositivo.

No total, foram realizadas 22 entrevistas a utilizadores de canadianas. A amostra entre utilizadores de somente uma ou duas canadianas foi equilibrada: 40,91 % são utilizadores de apenas uma canadiana e 59,01 % de duas.

As entrevistas realizadas a profissionais de saúde contaram com uma diversidade de profissionais: fisiatras (n=2), ortopedistas (n=1), fisioterapeutas (n=6) e enfermeiros (n=1). A participação destes profissionais procurou trazer informações acerca dos efeitos da utilização da canadiana nos utilizadores, e ainda da partilha da opinião que estes profissionais têm acerca do dispositivo.

Finalmente, foram considerados 5 comerciais de saúde, através de lojas ortopédicas, para compreender o processo de aquisição da canadiana pelos utilizadores, assim como a oferta de mercado nesta área.

#### 3.2 TIPOLOGIA DE CANADIANA

Através da Figura 1, podem-se observar as distribuições relativamente à caracterização da canadiana por parte dos utilizadores.

Verificou-se que o modelo padrão de canadiana para os utilizadores considerados no estudo é caracterizado por um perfil de alumínio, ponteira standard e punho standard (Figura 2).

Este tipo de canadiana, com um custo inferior a 20 €, apresenta as mesmas características relativamente às canadianas tipicamente

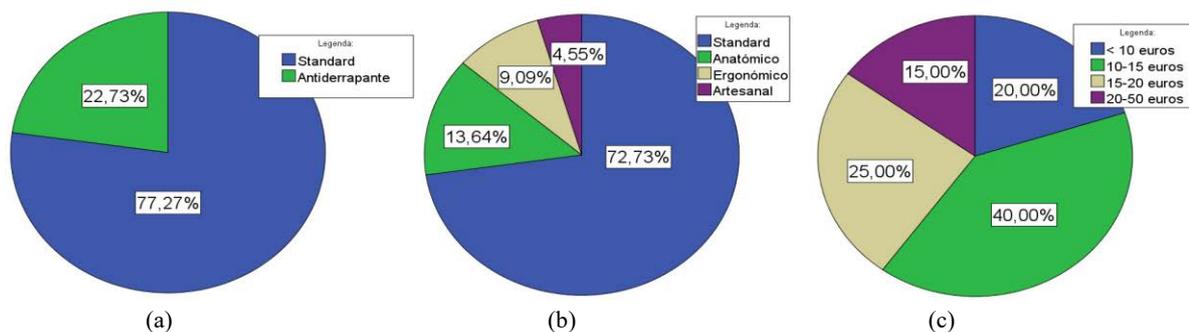


Figura 1 - (a) tipologia de ponteiras e (b) punhos utilizados pelos inqueridos; (c) intervalos de preços de aquisição de canadianas.

utilizadas durante a recuperação de uma fratura ou lesão a um membro inferior. Este resultado levantou as dúvidas:

- i. “estamos perante canadianas convencionais sobredimensionadas para uma utilização temporária? e “está esta adequada para utilizações prolongadas?”
- ii. ou se por outro lado “estamos perante uma oferta de canadiana muito limitada para uma utilização prolongado e crónica?”



Figura 2 - Canadiana convencional.

Um dos parâmetros relacionados com a tipologia de canadiana que se verificou apresentar alguma variabilidade de resposta entre os participantes, estava relacionada com a tipologia de braçadeira. Tradicionalmente, existem duas principais opções para esta estrutura: as braçadeiras abertas e as braçadeiras fechadas. A braçadeira aberta envolve apenas a zona posterior do antebraço deixando a zona anterior livre para rapidamente colocar ou tirar a canadiana,

enquanto que a braçadeira fechada envolve toda a zona do antebraço possibilitando o utilizador ter sempre a canadiana acoplada a si mesmo não estando a segurar o equipamento pelo punho. A escolha entre ambas as opções verificou-se estar bastante relacionada com a tipologia de utilizador. O utilizador de uma única canadiana tende para uma braçadeira aberta (84.62 %), valorizando a liberdade de movimento para colocar e retirar a canadiana. Em contrapartida, o utilizador de duas canadianas procura uma braçadeira fechada (55.56 %), pois esta permite suportar a canadiana no braço (e não pelo punho), dando alguma liberdade às mãos em cenários onde não tem possibilidade de a segurar de outro modo. Um exemplo de tal cenário é a subida ou descida de escadas, onde o utilizador pode segurar-se aos corrimões e manter a canadiana segura a si.

Tal como a maioria dos dispositivos de ajuda à locomoção, a canadiana também exige determinadas rotinas de manutenção. As consequências da utilização regular da canadiana apresentam-se, na sua maioria, sob a forma de ponteiras gastas, punhos partidos e/ou deformações dos perfis. Durante este estudo apurou-se que cerca de 72% dos utilizadores têm como rotinas de manutenção a limpeza do equipamento e a substituição das ponteiras, devido ao seu desgaste. Não se verificaram relatos de comerciais de saúde a considerarem a substituição de outros elementos. Segundo os resultados dos comerciais, apesar da variedade existentes, as ponteiras convencionais (~2 €/unidade) não só

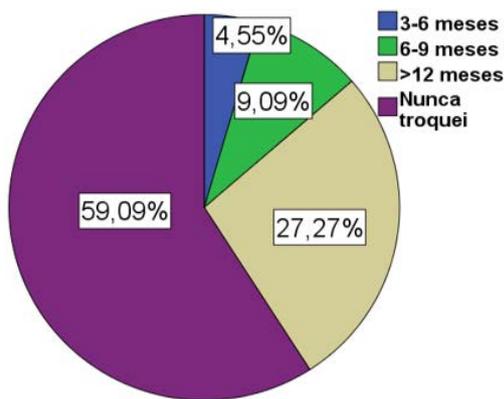


Figura 3 - Distribuição do intervalo de tempo entre substituições de equipamento.

são adquiridas para substituição, como são consideradas tão eficazes como outros modelos (antiderrapantes, por exemplo).

Os resultados sugerem ainda que não existe um intervalo concreto no que respeita à vida útil do dispositivo. Na Figura 3 verifica-se que uma grande margem de utilizadores não substitui a canadiana. Esta informação sugere a longa durabilidade do dispositivo para além da hipótese de que o mesmo dispositivo acompanha todo o percurso do indivíduo enquanto utilizador. Tal comportamento é mais comum na população idosa, enquanto que utilizadores mais jovens tendem a realizar a substituição da canadiana em períodos de tempo mais curtos por motivos alheios à vida útil do dispositivo (por exemplo, ruído emitido pela canadiana durante utilização).

### 3.3 PERFIL DE UTILIZAÇÃO

Um dos focos do estudo foi identificar o estado atual da canadiana e as suas limitações, e para tal foi necessário primeiramente identificar qual o perfil típico de utilização destes dispositivos, nomeadamente a que lesões está mais associada, o processo de aquisição e de aprendizagem.

Entre as várias patologias inerentes à utilização de canadianas, foi possível realçar as lesões músculo-esqueléticas, deformações ósseas, uso de próstéticos, artralguas e doenças neuromusculares. Com base nas respostas obtidas, reforçou-se o conceito de que as duas principais funções da canadiana são (i) no

auxílio da marcha e (ii) na descarga total ou parcial dos membros inferiores.

Também se apurou que nem sempre, aquando da aquisição das canadianas, houve uma consideração no tamanho específico a utilizar. Regra geral, o indivíduo que procura uma/s canadiana/s apenas considera a amplitude de altura do perfil adequado à altura do utilizador, negligenciando as dimensões dos punhos, braçadeiras e perfis dos membros superiores. Estes elementos, apesar de serem delegados para segundo plano, apresentam influência no conforto de utilização da mesma, fator este (conforto) que é tido como um dos principais critérios para a seleção da canadiana (para além do preço). O incumprimento da categorização por tamanho de acordo com a altura do utilizador (Norma ISO 11334-1) é outro factor negligenciado. Assim, em virtude da oferta, o processo de aquisição fica limitado à seleção com base na altura do utilizador.

Relativamente ao método de aprendizagem, verificou-se uma grande percentagem de utilizadores autodidatas (Figura 4(a)).

A elevada percentagem de utilizadores autodidatas levantou duas hipóteses: (i) a canadiana trata-se de um equipamento intuitivo que não requer aconselhamento de um profissional; ou (ii) aproximadamente metade dos utilizadores não tiveram aconselhamento profissional o que leva a supor que estes utilizam incorretamente o dispositivo.

De acordo com um estudo realizado por Stromberg et al. [3], a correta utilização da canadiana depende do flanco da lesão, sendo recomendada a utilização no lado oposto à mesma. Neste seguimento, pode-se observar através da Figura 4(b) que os indivíduos que utilizavam a canadiana no lado oposto à lesão foram, na sua maioria, acompanhados por profissionais de saúde (53,85%).

### 3.4 EFEITOS DE UTILIZAÇÃO

Através dos resultados com os profissionais de saúde concluiu-se que a canadiana não é um equipamento intuitivo. Existiam intervalos consideráveis de indivíduos, que na opinião de

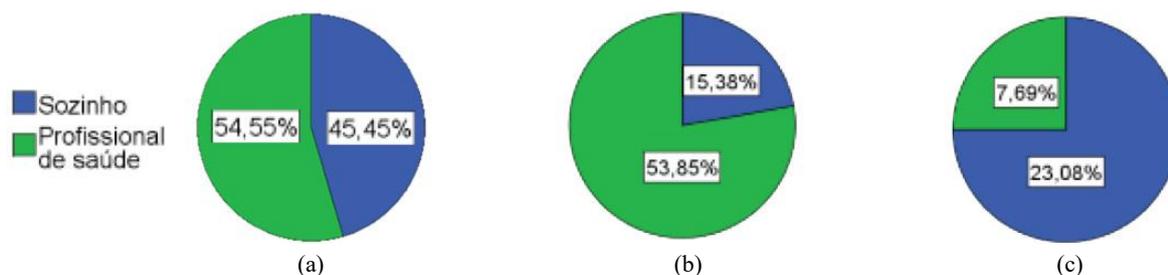


Figura 4 – (a) Processo de aprendizagem; Distribuições dos indivíduos utilizadores de uma canadiana de acordo com o método de aprendizagem; (b) Lado oposto à lesão (recomendada); (c) Mesmo lado da lesão (utilização atípica).

cerca de 90% dos profissionais de saúde, utilizavam de forma incorreta a canadiana. A incorreta utilização foi observada nos utilizadores de uma canadiana, quando utilizavam a canadiana no mesmo lado da lesão (Figura 4 (b)).

Tanto a correta como a incorreta utilização da canadiana tem consequências inerentes no utilizador. Mesmo utilizando corretamente este dispositivo, os indivíduos podem sofrer de tensão muscular acentuada na zona da mão, trapézio e/ou lombar, e ainda pequenas lesões de sobrecarga em outras articulações. De forma geral, os profissionais de saúde alertam para este tipo de consequências. Contudo, comparativamente às lesões associadas à incorreta utilização, estes realçam os impactos na mobilidade, podendo ir desde desequilíbrios musculares e/ou de postura, até elevações do ombro, passando por omoplatas desgastadas e sobrecarga dos membros inferiores a nível ósseo e articular. Em casos particulares pode mesmo causar síndrome de compressão nervosa e vascular.

Existem limitações na canadiana relacionadas com o desconforto ou dor que é causado a quem é utilizador, e limitações/dificuldades na funcionalidade do equipamento em vários cenários (ex.: emprego, casa, locais públicos, etc.).

Observou-se que existe um número considerável de respostas positivas relativamente ao desconforto e/ou dor que sente enquanto utilizador de duas canadianas. Verificou-se também que a maioria dos utilizadores de uma canadiana aparentam estar cómodos com o seu equipamento (69.23%). Isto sugere a hipótese de que os sintomas de

desconforto e/ou dor inerentes à utilização de canadiana se reflete mais intensivamente em utilizadores de duas canadianas. O desconforto ou dor, manifesta-se maioritariamente na região da mão (22.73%), ombro (22.73%) e pulso (18.18%), tal como mostra a Figura 5(a). Consequentemente, estes tipos de lesões podem levar ao abandono da canadiana. Através da Figura 5(b) foi possível verificar que as causas para o abandono se dispersam entre a frustração do utilizador em relação ao equipamento, dores, fadiga dos membros superiores, risco de queda, mas também de melhoria clínica do utilizador.

### 3.5 CANADIANA NO DIA-A-DIA

Para determinar as limitações/ dificuldades que a canadiana apresenta, foram considerados 5 cenários (locais de emprego, habitações, espaços públicos, trajetos e transportes públicos), sendo a cada utilizador pedido para assinalar as dificuldades mais comuns e relevantes, de acordo com a sua experiência dentro de cada um dos cenários.

Os resultados mostram que cerca de 50% dos utilizadores, quando se encontram dentro das suas habitações, arrumam as canadianas nos locais de entrada, não as utilizando dentro do espaço de residência para auxiliar a locomoção.

Verificou-se também que as maiores limitações são: falta de aderência durante percursos (~55%) e a arrumação do equipamento dentro de espaços públicos (~30%), bem como a entrada/saída dos transportes públicos (~37%).

A Figura 5(c) enumera as principais melhorias que os utilizadores gostariam de ver

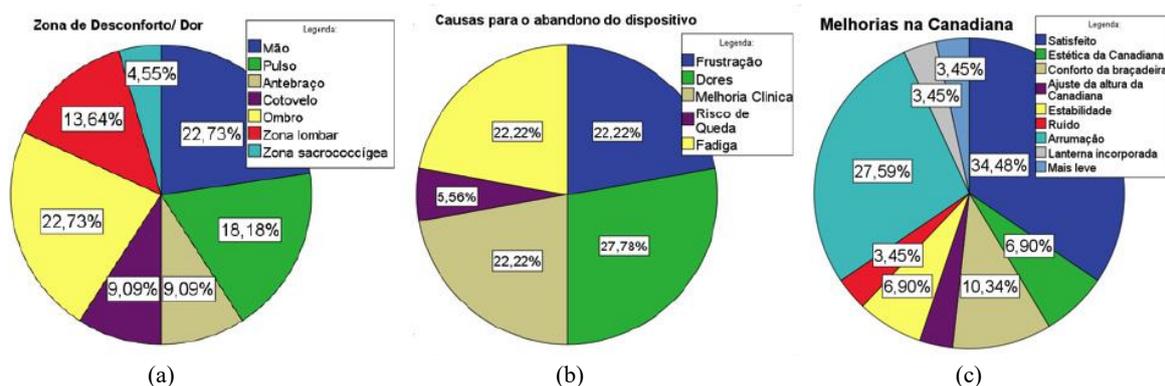


Figura 5 - (a) Desconforto/dor dos utilizadores de uma e duas canadianas. (b) Zonas de desconforto e/ou dor. (c) Melhorias apontados pelos utilizadores de canadianas.

implementadas nas suas canadianas: arrumação da canadiana em modo de descanso (27.59%); conforto da braçadeira (10.34%); e estabilidade (6.9%). Por curiosidade, o fator estético apresenta a mesma expressividade que o fator estabilidade, sugerindo a possibilidade de reduzida margem de personalização estética e de estigma social. Verificou-se que os principais melhoramentos vão de encontro às limitações que o equipamento apresenta.

Contudo, denotou-se que existe de igual forma uma margem considerável de indivíduos satisfeitos com o seu equipamento.

Os profissionais de saúde também foram inquiridos, e consideram que o punho da canadiana deveria ser mais ergonómico e suave, com o objetivo de prevenir o aparecimento de úlceras na mão. Os mesmos também indicam ponteiros mais eficazes na aderência ao piso, apesar de ter sido identificado, de acordo com os comerciais, que a oferta de ponteiros antiderrapantes não aparenta trazer um benefício expressivo.

Além das melhorias referidas anteriormente, a criação de canadianas distintas (canadiana esquerda e direita) e a posição sempre vertical da canadiana foram melhorias referenciadas em 20% dos inqueridos.

#### 4. CONCLUSÃO

O estudo apresentado permitiu definir o perfil de utilização atual da canadiana. Verificou-se que, apesar da existência vários modelos de canadiana, aquela que é utilizada na recuperação de fratura em membros inferiores

é o mesmo modelo que a utilizada por utilizadores crónicos. Apesar desta apresentar, segundo os resultados, uma durabilidade significativa (superior a 1 ano), não se pode afirmar que a canadiana convencional se encontra ajustada para uma utilização prolongada. Um dos primeiros sintomas de tal situação é desde logo a grande margem de utilizadores de uma canadiana que a emprega de forma incorreta. Adicionalmente, a utilização prolongada de canadianas induz inerentemente desconforto e efeitos colaterais provenientes do uso prolongado. Estes efeitos podem ainda ser ampliados com a incorreta utilização do dispositivo. O desconforto que se traduz em sensações de dor é o principal factor de abandono da canadiana. Por fim, é de salientar a possibilidade de melhoria do dispositivo, nomeadamente ao nível da sua arrumação, conforto da braçadeira e estabilidade.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho é suportado pela FCT com referência do projeto UID/EEA/04436/2013, por fundos FEDER através do COMPETE 2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) com referência ao projeto POCI-01-0145-FEDER-006941.

#### REFERÊNCIAS

- [1] *Canes, Crutches and Walkers | Quest Magazine Online*, 6th ed. McGraw-Hill Higher Education, 2003.
- [2] J. Hallarcsp, “An Evaluation of Crutches,” *Physiotherapy*, vol. 77, no. 3, pp. 156–160, 1991.
- [3] H. Stromberg, C. Dallred, and S. C. DeWit, *Medical-Surgical Nursing: Concepts & Practice*.

## **ANEXO B - INQUÉRITOS**

---

- Inquérito para o utilizador de canadianas
- Inquérito para Profissionais de Saúde
- Inquérito para Comerciais de Saúde



# Canadiana 2.0

Instituição:

Universidade do Minho, Escola de Engenharia

Aluno:

João Miguel Campos Malta

Curso:

Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

Orientadores: ´

Sandra Beatriz Gonçalves

Estudante de Doutoramento do Programa MIT Portugal da Universidade do Minho

Investigadores responsáveis:

Alexandre Ferreira da Silva

Escola de Engenharia, Universidade do Minho

Pedro Souto

Dep. Engenharia Têxtil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho

:

\*Required

## Enquadramento

---

O uso de canadianas é generalizado em reabilitação. Clinicamente, a necessidade de restringir o suporte da carga do corpo nos membros inferiores é muitas vezes indicado em patologias destes membros como fraturas, artroplastias, condições reumáticas, ou doenças vasculares.

Olhando para a história de evolução da canadianas, facilmente se verifica que estas não se alteraram muito desde o conceito inicial, levantando a questão se estas terão atingido o seu potencial máximo, ou se são um produto negligenciado em termos de importância médica.

No cumprimento de um estudo do atual conceito de canadianas e desenvolvendo soluções para um conceito novo e eficaz, este questionário é uma das fases importante para o levantamento das necessidades de cada utilizador.

## Questionário para avaliar a satisfação dos utilizadores de Canadianas.

### 1- Identificação

#### 1. 1.1- Género \*

Mark only one oval.

Masculino

Feminino

## 2. 1.2- Idade \*

Mark only one oval.

- < 18 anos
- 18-30 anos
- 31-50 anos
- 51-65 anos
- > 65 anos

## 3. 1.3- Altura \*

Mark only one oval.

- < 0.9 m
- 0.9-1.1 m
- 1.1-1.3 m
- 1.3-1.6 m
- 1.6-1.8 m
- 1.8-2.0 m

## 4. 1.4- Há quanto tempo utiliza canadiana(s)? \*

Mark only one oval.

- < 6 meses
- 6 meses - 1 ano
- 1-3 anos
- > 3 anos

## 5. 1.5- Qual a razão para a utilização de canadiana? \*

Por exemplo: lesão e descrição do grau de lesão

Mark only one oval.

- Fraturas múltiplas nos membros inferiores
- Deformações ósseas
- Prostéticos
- Desgaste ósseo das articulações dos membros inferiores
- Other: .....

## 6. 1.6- Utilizador de uma ou duas canadianas \*

Mark only one oval.

- Uma      Skip to question 7.
- Duas      Skip to question 8.

**Utilizador de uma Canadiana.**

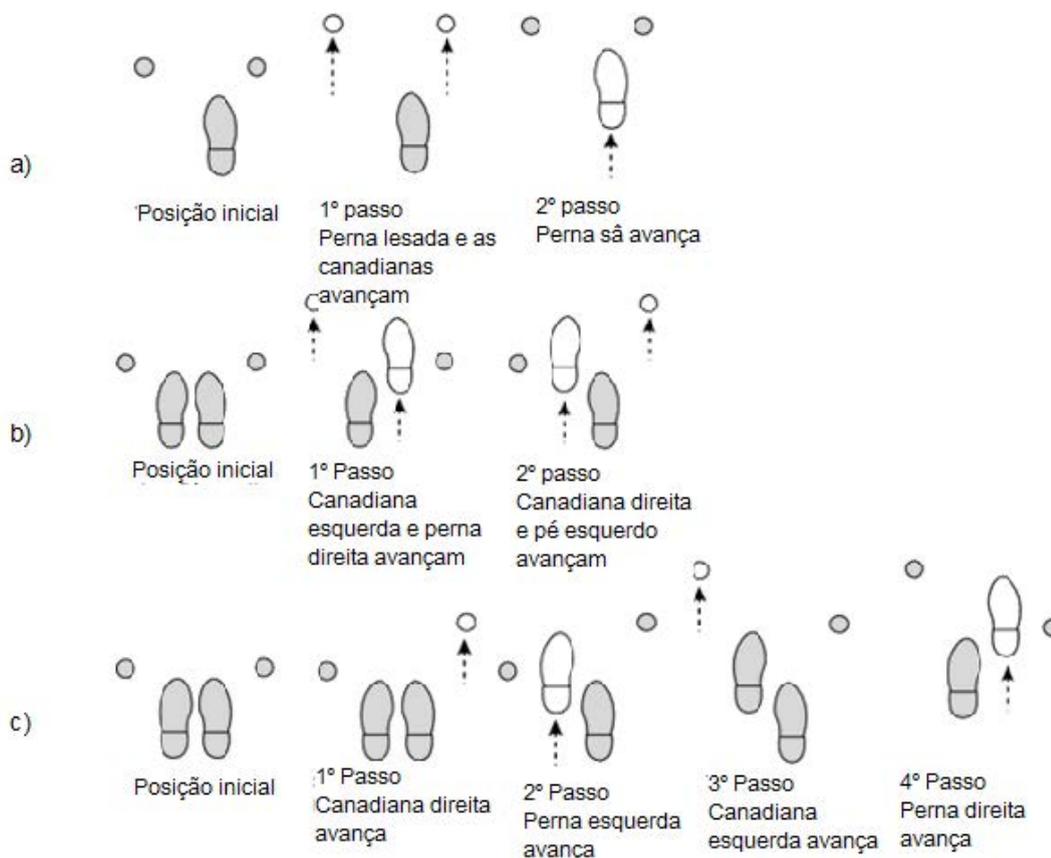
7. 1.7- Se é utilizador de uma canadiana, como utiliza o seu dispositivo? \*

Mark only one oval.

- Lado oposto da sua lesão Skip to question 9.
- Mesmo lado da sua lesão Skip to question 9.

## Utilizador de Duas Canadianas.

### Tipos de marchas com duas Canadianas



8. 1.8- Se é utilizador de duas canadianas, qual é o tipo de marcha que utiliza na sua locomoção? \*

Observe a figura abaixo e identifique o seu tipo de marcha

Mark only one oval.

- a)
- b)
- c)
- Other: .....

2- Ao longo de toda a sua experiência como utilizador de canadiana(s), responda às seguintes questões:

9. 2.1- Onde costuma comprar a(s) sua(s) canadiana(s)?

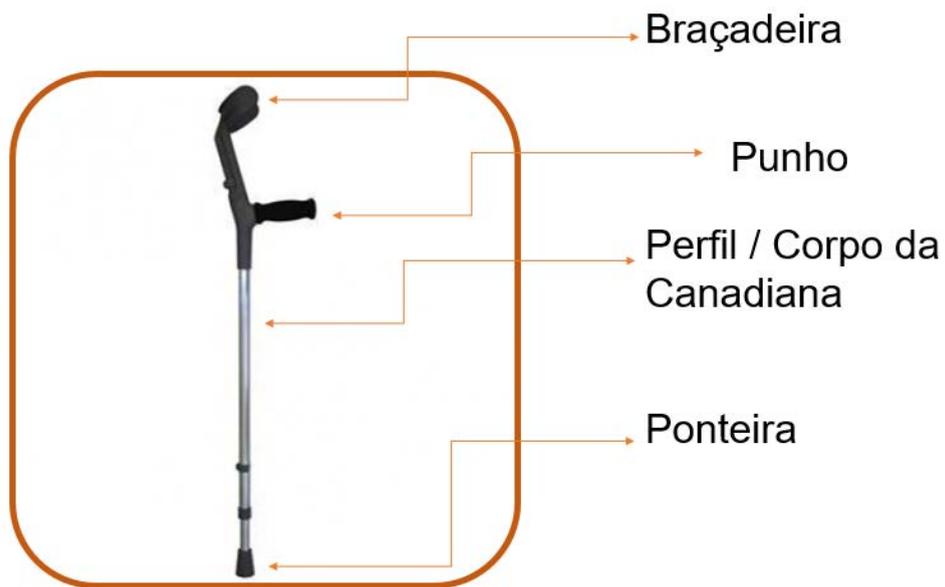
Mark only one oval.

- Farmácias
- Lojas Ortopédicas
- Internet
- Fabricante
- Other: .....

## Componentes da sua Canadiana

Relativamente à sua canadiana, responda às seguintes questões:

### Canadiana e seus componentes



### Perfil / Corpo da canadiana



10. 2.2- De que material é o perfil / corpo da canadiana? \*

Mark only one oval.

- Alumínio
- Carbono
- Titânio
- Não sei
- Other: .....

## Ponteira



11. 2.3- Tendo em conta a sua canadiana, assinale o tipo de ponteira. \*

Tick all that apply.

- Standard
- Antichoque
- Antiderrapante
- Não sei
- Other: .....

## Punho



12. 2.4- De que tipo é o punho da sua canadiana? \*

Mark only one oval.

- Standard
- Anatómico
- Ergonómico
- Não sei
- Other: .....

## Braçadeira



13. 2.5- Caracterize as suas braçadeiras: \*

Tick all that apply.

- Fechadas
- Abertas
- Sem revestimento
- Com revestimento
- Não sei
- Other: .....

14. 2.6- Quanto custa o conjunto do seu equipamento? \*

Mark only one oval.

- < 10 euros
- 10-15 euros
- 15-20 euros
- 20-50 euros
- 50-100 euros
- > 100 euros

15. 2.7- Em média, com que regularidade troca de equipamento? \*

Mark only one oval.

- < 3 meses
- 3-6 meses
- 6-9 meses
- 9-12 meses
- >12 meses
- Nunca troquei

After the last question in this section, skip to question 22.

16. 2.8- Qual a razão para a troca do seu equipamento antigo?

Selecione as opções que já experienciou.

Tick all that apply.

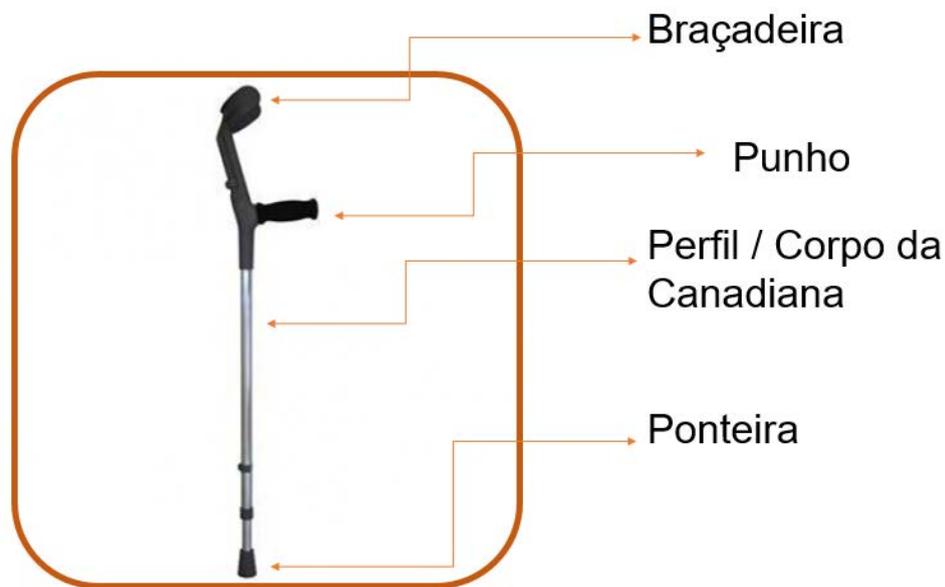
- Ponteiros gastos
- Punhos partidos
- Braçadeira partida
- Deformação do corpo da canadiana (perfil)
- Ruído
- Other: .....

17. 2.9- Já substituiu algum componente da sua canadiana?

Mark only one oval.

- Sim
- Não Skip to question 22.

## Canadiana e seus componentes



18. 2.10- Quais os componentes que já substituiu na sua Canadiana?

Tick all that apply.

- Ponteiros
- Punhos
- Braçadeiras
- Pinos de ajuste
- Other: .....

19. 2.11- Com que regularidade troca a ponteira da sua canadiana?

Mark only one oval.

- < 3 meses
- 3-6 meses
- 6-9 meses
- 9-12 meses
- >12 meses

20. 2.12- Com que regularidade troca o punho da sua canadiana?

Mark only one oval.

- < 3 meses
- 3-6 meses
- 6-9 meses

21. 2.13- Com que regularidade troca a braçadeira da sua canadiana?

Mark only one oval.

- < 3 meses
- 3-6 meses
- 6-9 meses
- 9-12 meses
- >12 meses

## Manutenção

22. 2.14- Quais os cuidados de manutenção que tem com a sua canadiana?

Tick all that apply.

- Limpeza
- Mudança de componentes
- Nenhum
- Other: .....

23. 2.15- Tem alguma canadiana de reserva? \*

Mark only one oval.

- Sim
- Não
- Other: .....

24. 2.16- No ato da compra da canadiana ou componentes da mesma, já alguma vez efetuou algum pedido especial de encomenda a comerciais ou profissionais de saúde para modificações na sua canadiana? \*

Mark only one oval.

- Sim
- Não      Skip to question 26.

## Pedido especial

25. 2.17- Descreva sucintamente esse(s) pedido(s).

.....

.....

.....

.....

.....

## Rotina com a canadiana

26. 2.18- Como aprendeu a utilizar a sua canadiana? \*

Mark only one oval.

- Sozinho
- Leu a bula do seu equipamento
- Profissional de saúde
- Other: .....

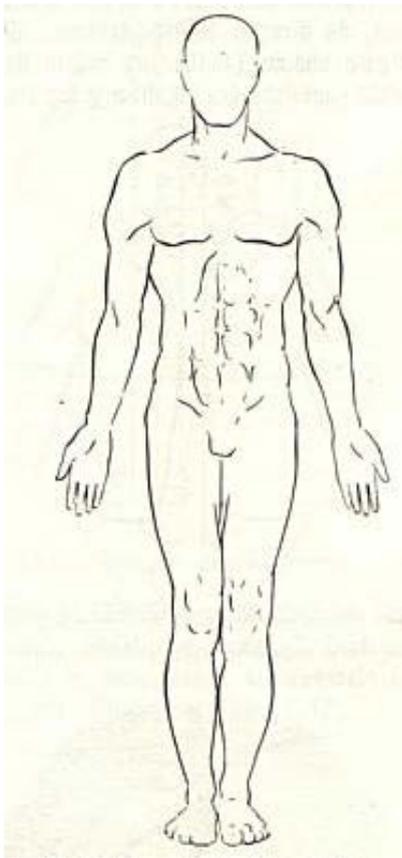
27. 2.19- Alguma vez sentiu desconforto e/ou dor devido à utilização da canadiana? \*

Mark only one oval.

- Sim
- Não      Skip to question 29.

## Dores ou desconforto

## Modelo humano



28. 2.20- Assinale as opções representativa(s) da zona desse desconforto e/ou dor?

Observe a figura e seleccione as opções.

Tick all that apply.

- Mão
- Pulso
- Antebraço
- Cotovelo
- Ombro
- Zona lombar
- Quadril
- Other: .....

Quais as maiores limitações / lacunas da utilização da Canadiana:

29. 2.21- No trabalho:

.....

.....

.....

.....

.....

Quais as maiores limitações / lacunas da Canadiana:

30. 2.22- Em casa:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Quais as maiores limitações / lacunas da Canadiana:

31. 2.23- Espaços públicos:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Quais as maiores limitações / lacunas da Canadiana:

32. 2.24- Num trajecto/ espaços exteriores:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Quais as maiores limitações / lacunas da Canadiana:

33. 2.25- Transportes:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### Opinião pessoal

Descreva detalhadamente o que mudaria no seu equipamento.  
Aproveite esta questão para acrescentar algo que não tenha dito ao longo do inquérito.

34. 2.27- O que mudaria no seu equipamento?

.....

.....

.....

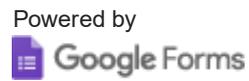
.....

.....

**Obrigado pela sua participação!**

A sua participação será crucial para o desenvolvimento deste estudo.  
Obrigado!

Atenciosamente  
João Miguel Campos Malta



# Canadiana 2.0

Instituição:

Universidade do Minho, Escola de Engenharia

Aluno:

João Miguel Campos Malta

Curso:

Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

Orientadores: ´

Sandra Beatriz Gonçalves

Estudante de Doutoramento do Programa MIT Portugal da Universidade do Minho

Investigadores responsáveis:

Alexandre Ferreira da Silva

Escola de Engenharia, Universidade do Minho

Pedro Souto

Dep. Engenharia Têxtil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho

:

\*Required

## Enquadramento

---

O uso de canadianas é generalizado em reabilitação. Clinicamente, a necessidade de restringir o suporte da carga do corpo nos membros inferiores é muitas vezes indicado em patologias destes membros como fraturas, artroplastias, condições reumáticas, ou doenças vasculares.

Olhando para a história de evolução da canadianas, facilmente se verifica que estas não se alteraram muito desde o conceito inicial, levantando a questão se estas terão atingido o seu potencial máximo, ou se são um produto negligenciado em termos de importância médica.

No cumprimento de um estudo do atual conceito de canadianas e desenvolvendo soluções para um conceito novo e eficaz, este questionário é uma das fases importante para o levantamento das necessidades de cada utilizador.

## Questionário para o desenvolvimento de um novo conceito de canadiana

Profissionais de saúde

## 1. 1- Profissão \*

Mark only one oval.

- Médico
- Fisioterapeuta
- Enfermeiro
- Other: .....

De acordo com a sua experiência, tente responder objetivamente às perguntas que se seguem.

## 2. 2- Quais são as lesões mais comuns que lida, dentro da comunidade de utilizadores de canadianas? \*

Tick all that apply.

- Fraturas múltiplas nos membros inferiores
- Deformações ósseas
- Prostéticos
- Desgaste ósseo das articulações dos membros inferiores
- Other: .....

## 3. 3- Já prescreveu o uso de canadianas? \*

Mark only one oval.

- Sim
- Não      Skip to question 5.

## Prescrição do uso de canadianas

## 4. 4- Em que circunstâncias prescreve canadianas? \*

Tick all that apply.

- Para descarga dos membros inferiores
- Auxílio de marcha
- Other: .....

## Na sua opinião...

## 5. 5- Da sua experiência, qual é a percentagem de casos que exibem uma utilização incorreta da canadiana? \*

Mark only one oval.

- <25%
- 25-50%
- 50-75%
- >75%

6. 6- Quais os principais identificadores de uma utilização incorreta da canadiana? \*  
Tick all that apply.

- Descarga incompleta
- Canadiana colocada incorretamente

7. 7- Quais são as lesões típicas e alterações anatómicas de uma incorreta utilização da canadiana? \*

.....

.....

.....

.....

.....

8. 8- Quais são as lesões típicas e alterações anatómicas de uma correta utilização da canadiana? \*

.....

.....

.....

.....

.....

9. 9- Quais as principais razões, por parte dos utilizadores, para o abandono da canadiana? \*

.....

.....

.....

.....

.....

10. 10- Quais são as principais recomendações/dicas que transmite aos seus pacientes? \*

.....

.....

.....

.....

.....

11. 11- O que alteraria no equipamento? \*

.....

.....

.....

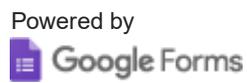
.....

.....

## Obrigado pela sua participação!

A sua participação será crucial para o desenvolvimento deste estudo.  
Obrigado!

Atenciosamente  
João Miguel Campos Malta



# Canadiana 2.0

Instituição:

Universidade do Minho, Escola de Engenharia

Aluno:

João Miguel Campos Malta

Curso:

Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

Orientadores:

Sandra Beatriz Gonçalves

Estudante de Doutoramento do Programa MIT Portugal da Universidade do Minho

Investigadores responsáveis:

Alexandre Ferreira da Silva

Escola de Engenharia, Universidade do Minho

Pedro Souto

Dep. Engenharia Têxtil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho

\*Required

## Enquadramento

---

O uso de canadianas é generalizado em reabilitação. Clinicamente, a necessidade de restringir o suporte da carga do corpo nos membros inferiores é muitas vezes indicado em patologias destes membros como fraturas, artroplastias, condições reumáticas, ou doenças vasculares.

Olhando para a história de evolução da canadianas, facilmente se verifica que estas não se alteraram muito desde o conceito inicial, levantando a questão se estas terão atingido o seu potencial máximo, ou se são um produto negligenciado em termos de importância médica.

No cumprimento de um estudo do atual conceito de canadianas e desenvolvendo soluções para um conceito novo e eficaz, este questionário é uma das fases importante para o levantamento das necessidades de cada utilizador.

## Questionário para o desenvolvimento de um novo conceito de canadiana

Fabricantes e Comerciais de saúde

### 1. Existem mais utilizadores de uma ou duas canadianas?

*Mark only one oval.*

Uma canadiana

Duas Canadianas

### 2. Qual é a canadiana mais comercializada?

Marca e modelo

---

**3. Com que frequência se deve trocar de canadianas?***Mark only one oval.*

- > 6 meses
- 6 meses a 1 ano
- 1 e 3 anos
- < 3 anos

**4. Qual é o tipo de canadiana mais comercializado?***Tick all that apply.*

- Alumínio
- Ligas de aço leve
- Titânio
- Punho standard
- Punho anatómico
- Punho Ergonómico
- Braçadeira Fechada
- Braçadeira Aberta
- Other: \_\_\_\_\_

**5. Qual é o custo médio das canadianas?***Mark only one oval.*

- > 10 euros
- entre 10 e 20 euros
- entre 20 e 50 euros
- < 50 euros

**6. Que tipo de ponteiras aconselha a um utilizador?***Mark only one oval.*

- standard
- antiderrapante
- antichoque
- anti-(choque e derrapante)
- Other: \_\_\_\_\_

**7. Qual é o custo médio das ponteiras da canadiana?***Mark only one oval.*

- > 2 euros
- entre 2 e 5 euros
- entre 5 e 10 euros
- < 10 euros

**8. Quais as maiores limitações (lacunas) para o utilizador de canadiana(s)?***Tick all that apply.*

- Escadas
- Longas distâncias
- Pouca aderência da canadiana com o solo
- Como arrumar as canadianas
- Other: \_\_\_\_\_

**9. Já tiveram algum tipo de pedido especial relativamente a canadianas? \****Mark only one oval.*

- Sim
- Não *Stop filling out this form.*

## Pedido Especial

Relativamente a pedidos especiais,

**10. Descreva esse(s) pedido(s).**

---

---

---

---

---

Powered by





## **ANEXO C - DATASHEET**

---

- DataSheet



**State-of-the-Art Pointing Solutions for the OEM**



# **FSR<sup>®</sup>**

## **Force Sensing Resistor<sup>®</sup>**

### **Integration Guide and Evaluation Parts Catalog**

**400 Series Evaluation Parts  
With Suggested Electrical Interfaces**

**INTERLINK  
ELECTRONICS** 



546 Flynn Road • Camarillo, CA 93012  
(805) 484-1331 • Fax (805) 484-8989

<http://www.interlinkelectronics.com>

The product information contained in this document is designed to provide general information and guidelines only and must not be used as an implied contract with Interlink Electronics, Inc. Acknowledging our policy of continual product development, we reserve the right to change, without notice, and detail in this publication. Since Interlink Electronics has no control over the conditions and method of use of our products, we suggest that any potential user confirm their suitability before adopting them for commercial use.

Version 1.0

90-45632 Rev. D

# FSR<sup>®</sup> Integration Guide & Evaluation Parts Catalog With Suggested Electrical Interfaces

Force Sensing Resistors <sup>®</sup> – An Overview of the Technology .....	Page 3
Force vs. Resistance.....	Page 3
Force vs. Conductance.....	Page 4
FSR Integration Notes – A Step-by-Step Guide to Optimal Use .....	Page 6
FSR Usage Tips – The Do’s and Don’ts .....	Page 8
Evaluation Parts Catalog – Descriptions and Dimensions .....	Page 9
General FSR Characteristics .....	Page 12
Simple FSR Devices and Arrays.....	Page 12
For Linear Pots .....	Page 13
Glossary of Terms .....	Page 14
Suggested Electrical Interfaces - Basic FSRs .....	Page 16
FSR Voltage Divider .....	Page 16
Adjustable Buffers .....	Page 17
Multi-channel FSR to Digital Interface .....	Page 18
FSR Variable Force Threshold Switch .....	Page 19
FSR Variable Force Threshold Relay Switch .....	Page 20
FSR Current-to-Voltage Converter .....	Page 21
Additional FSR Current-to-Voltage Converters .....	Page 22
FSR Schmitt Trigger Oscillator .....	Page 23

Interlink Electronics manufactures custom FSR devices to meet the needs of specific customer applications. FSR devices can be produced in almost any shape, size, and geometry. To discuss custom design or to obtain a quote, contact Interlink Electronics at (805) 484-8855.



# Force Sensing Resistors

## An Overview of the Technology

Force Sensing Resistors (FSR) are a polymer thick film (PTF) device which exhibits a decrease in resistance with an increase in the force applied to the active surface. Its force sensitivity is optimized for use in human touch control of electronic devices. FSRs are not a load cell or strain gauge, though they have similar properties. FSRs are not suitable for precision measurements.

### Force vs. Resistance

The force vs. resistance characteristic shown in Figure 2 provides an overview of FSR typical response behavior. For interpretational convenience, the force vs. resistance data is plotted on a log/log format. These data are representative of our typical devices, with this particular force-resistance characteristic being the response of evaluation part # 402 (0.5" [12.7 mm] diameter circular active area). A stainless steel actuator with a 0.4" [10.0 mm] diameter hemispherical tip of 60 durometer polyurethane rubber was used to actuate the FSR device. In general, FSR response approximately follows an inverse power-law characteristic (roughly 1/R).

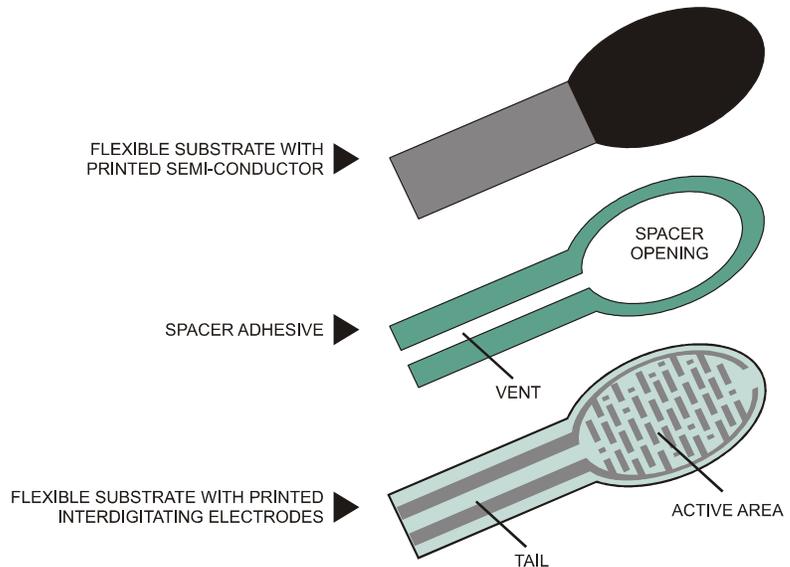


Figure 1: FSR Construction

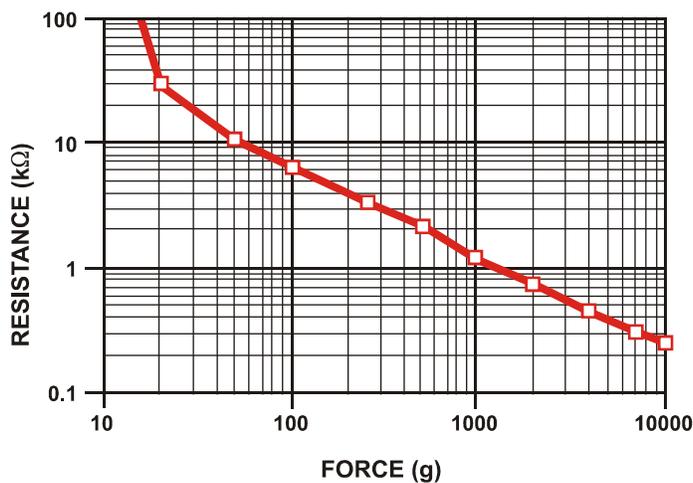


Figure 2: Resistance vs. Force

Referring to Figure 2, at the low force end of the force-resistance characteristic, a switch-like response is evident. This turn-on threshold, or ‘break force’, that swings the resistance from greater than 100 kΩ to about 10 kΩ (the beginning of the dynamic range that follows a power-law) is determined by the substrate and overlay thickness and flexibility, size and shape of the actuator, and spacer-adhesive thickness (the gap between the facing conductive elements). Break force increases with increasing substrate and overlay rigidity, actuator size, and spacer-adhesive thickness. Eliminating the adhesive, or keeping it well away from the area where the force is being applied, such as the center of a large FSR device, will give it a lower rest resistance (e.g. stand-off resistance).

At the high force end of the dynamic range, the response deviates from the power-law behavior, and eventually saturates to a point where increases in force yield little or no decrease in resistance. Under these conditions of Figure 2, this saturation force is beyond 10 kg. The saturation point is more a function of pressure than force. The saturation pressure of a typical FSR is on the order of 100 to 200 psi. For the data shown in Figures 2, 3 and 4, the actual measured pressure range is 0 to 175 psi (0 to 22 lbs applied over 0.125 in<sup>2</sup>). Forces higher than the saturation force can be measured by spreading the force over a greater area; the overall pressure is then kept below the saturation point, and dynamic response is maintained. However, the converse of this effect is also true, smaller actuators will saturate FSRs earlier in the dynamic range, since the saturation point is reached at a lower force.

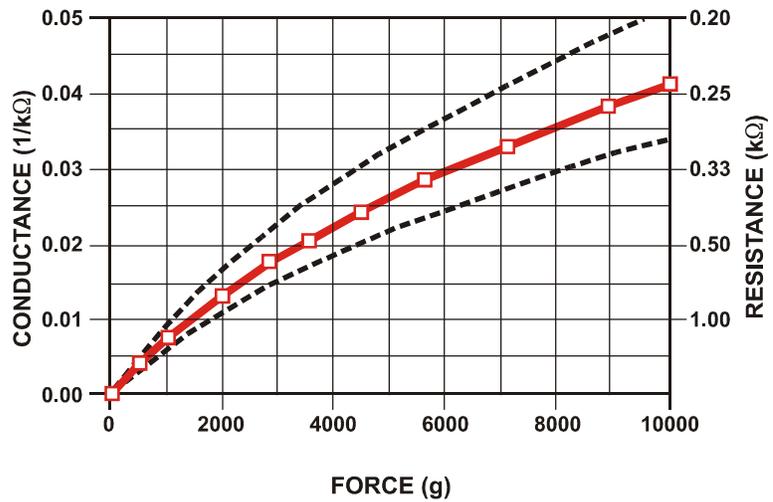


Figure 3:  
Conductance vs. Force (0-10Kg)

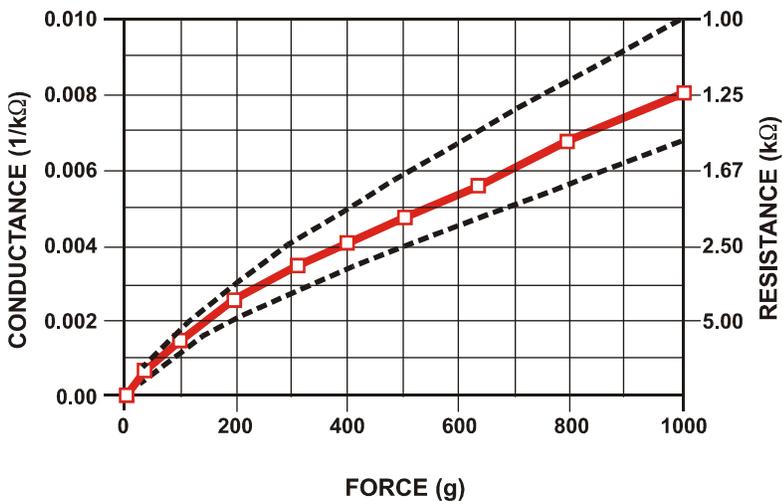


Figure 4:  
Conductance vs. Force (0-1Kg) Low Force Range

## Force vs. Conductance

In Figure 3, the conductance is plotted vs. force (the inverse of resistance:  $1/r$ ). This format allows interpretation on a linear scale. For reference, the corresponding resistance values are also included on the right vertical axis. A simple circuit called a current-to-voltage converter (see page 21) gives a voltage output directly proportional to FSR conductance and can be useful where response linearity is desired. Figure 3 also includes a typical part-to-part repeatability envelope. This error band determines the maximum accuracy of any general force measurement. The spread or width of the band is

strongly dependent on the repeatability of any actuating and measuring system, as well as the repeatability tolerance held by Interlink Electronics during FSR production. Typically, the part-to-part repeatability tolerance held during manufacturing ranges from  $\pm 15\%$  to  $\pm 25\%$  of an established nominal resistance.

Figure 4 highlights the 0-1 kg (0-2.2 lbs) range of the conductance-force characteristic. As in Figure 3, the corresponding resistance values are included for reference. This range is common to human interface applications. Since the conductance response in this range is fairly linear, the force resolution will be uniform and data interpretation simplified. The typical part-to-part error band is also shown for this touch range. In most human touch control applications this error is insignificant, since human touch is fairly inaccurate. Human factors studies have shown that in this force range repeatability errors of less than  $\pm 50\%$  are difficult to discern by touch alone.

# FSR Integration Notes

## *A Step-by-Step Guide to Optimal Use*

For best results, follow these seven steps when beginning any new product design, proof-of-concept, technology evaluation, or first prototype implementation:

### **1. Start with Reasonable Expectations (Know Your Sensor)**

The FSR sensor is not a strain gauge, load cell or pressure transducer. While it can be used for dynamic measurement, only qualitative results are generally obtainable. Force accuracy ranges from approximately  $\pm 5\%$  to  $\pm 25\%$  depending on the consistency of the measurement and actuation system, the repeatability tolerance held in manufacturing, and the use of part calibration.

Accuracy should not be confused with resolution. The force resolution of FSR devices is better than  $\pm 0.5\%$  of full use force.

### **2. Choose the Sensor that Best Fits the Geometry of Your Application**

Usually sensor size and shape are the limiting parameters in FSR integration, so any evaluation part should be chosen to fit the desired mechanical actuation system. In general, standard FSR products have a common semiconductor make-up and only by varying actuation methods (e.g. overlays and actuator areas) or electrical interfaces can different response characteristics be achieved.

### **3. Set-up a Repeatable and Reproducible Mechanical Actuation System**

When designing the actuation mechanics, follow these guidelines to achieve the best force repeatability:

- Provide a consistent force distribution. FSR response is very sensitive to the distribution of the applied force. In general, this precludes the use of dead weights for characterization since exact duplication of the weight distribution is rarely repeatable cycle-to-cycle. A consistent weight (force) distribution is more difficult to achieve than merely obtaining a consistent total applied weight (force). As long as the distribution is the same cycle-to-cycle, then repeatability will be maintained. The use of a thin elastomer between the applied force and the FSR can help absorb error from inconsistent force distributions.
- Keep the actuator area, shape, and compliance constant. Changes in these parameters significantly alter the response characteristic of a given sensor. Any test, mock-up, or evaluation conditions should be closely matched to the final use conditions. The greater the cycle-to-cycle consistency of these parameters, the greater the device repeatability. In human interface applications where a finger is the mode of actuation, perfect control of these parameters is not generally possible. However, human force sensing is somewhat inaccurate; it is rarely sensitive enough to detect differences of less than  $\pm 50\%$ .
- Control actuator placement. In cases where the actuator is to be smaller than the FSR active area, cycle-to-cycle consistency of actuator placement is necessary. (Caution: FSR layers are held together by an adhesive that surrounds the electrically active areas. If force is applied over an area which includes the adhesive, the resulting response characteristic will be drastically altered.) In an extreme case (e.g., a large, flat, hard actuator that bridges the bordering adhesive), the adhesive can present FSR actuation

- Keep actuation cycle time consistent. Because of the time dependence of the FSR resistance to an applied force, it is important when characterizing the sensor system to assure that increasing loads (e.g. force ramps) are applied at consistent rates (cycle-to-cycle). Likewise, static force measurements must take into account FSR mechanical setting time. This time is dependent on the mechanics of actuation and the amount of force applied and is usually on the order of seconds.

#### **4. Use the Optimal Electronic Interface**

In most product designs, the critical characteristic is Force vs. Output Voltage, which is controlled by the choice of interface electronics. A variety of interface solutions are detailed in the TechNote section of this guide. Summarized here are some suggested circuits for common FSR applications.

- For FSR Pressure or Force Switches, use the simple interfaces detailed on pages 16 and 17.
- For dynamic FSR measurements or Variable Controls, a current-to-voltage converter (see pages 18 and 19) is recommended. This circuit produces an output voltage that is inversely proportional to FSR resistance. Since the FSR resistance is roughly inversely proportional to applied force, the end result is a direct proportionality between force and voltage; in other words, this circuit gives roughly linear increases in output voltage for increases in applied force. This linearization of the response optimizes the resolution and simplifies data interpretation.

#### **5. Develop a Nominal Voltage Curve and Error Spread**

When a repeatable and reproducible system has been established, data from a group of FSR parts can be collected. Test several FSR parts in the system. Record the output voltage at various pre-selected force points throughout the range of interest. Once a family of curves is obtained, a nominal force vs. output voltage curve and the total force accuracy of the system can be determined.

#### **6. Use Part Calibration if Greater Accuracy is Required**

For applications requiring the highest obtainable force accuracy, part calibration will be necessary. Two methods can be utilized: gain and offset trimming, and curve fitting.

- Gain and offset trimming can be used as a simple method of calibration. The reference voltage and feedback resistor of the current-to-voltage converter are adjusted for each FSR to pull their responses closer to the nominal curve.
- Curve fitting is the most complete calibration method. A parametric curve fit is done for the nominal curve of a set of FSR devices, and the resultant equation is stored for future use. Fit parameters are then established for each individual FSR (or sending element in an array) in the set. These parameters, along with the measured sensor resistance (or voltage), are inserted into the equation to obtain the force reading. If needed, temperature compensation can also be included in the equation.

#### **7. Refine the System**

Spurious results can normally be traced to sensor error or system error. If you have any questions, contact Interlink Electronics' Sales Engineers to discuss your system and final data.

## FSR Usage Tips *The Do's and Don'ts*

- **Do** follow the seven steps of the FSR Integration Guide.
- **Do**, if possible, use a firm, flat and smooth mounting surface.
- **Do** be careful if applying FSR devices to curved surfaces. Pre-loading of the device can occur as the two opposed layers are forced into contact by the bending tension. The device will still function, but the dynamic range may be reduced and resistance drift could occur. The degree of curvature over which an FSR can be bent is a function of the size of the active area. The smaller the active area, the less effect a given curvature will have on the FSR's response.
- **Do** avoid air bubbles and contamination when laminating the FSR to any surface. Use only thin, uniform adhesives, such as Scotch<sup>®</sup> brand double-sided laminating adhesives. Cover the entire surface of the sensor.
- **Do** be careful of kinks or dents in active areas. They can cause false triggering of the sensors.
- **Do** protect the device from sharp objects. Use an overlay, such as a polycarbonate film or an elastomer, to prevent gouging of the FSR device.
- **Do** use soft rubber or a spring as part of the actuator in designs requiring some travel.
- **Do not** kink or crease the tail of the FSR device if you are bending it; this can cause breaks in the printed silver traces. The smallest suggested bend radius for the tails of evaluation parts is about 0.1" [2.5 mm]. In custom sensor designs, tails have been made that bend over radii of 0.03" (0.8 mm). Also, be careful if bending the tail near the active area. This can cause stress on the active area and may result in pre-loading and false readings.
- **Do not** block the vent. FSR devices typically have an air vent that runs from the open active area down the length of the tail and out to the atmosphere. This vent assures pressure equilibrium with the environment, as well as allowing even loading and unloading of the device. Blocking this vent could cause FSRs to respond to any actuation in a non-repeatable manner. Also note, that if the device is to be used in a pressure chamber, the vented end will need to be kept vented to the outside of the chamber. This allows for the measurement of the differential pressure.
- **Do not** solder directly to the exposed silver traces. With flexible substrates, the solder joint will not hold and the substrate can easily melt and distort during the soldering. Use Interlink Electronics' standard connection techniques, such as solderable tabs, housed female contacts, Z-axis conductive tapes, or ZIF (zero insertion force) style connectors.
- **Do not** use cyanoacrylate adhesives (e.g. Krazy Glue<sup>®</sup>) and solder flux removing agents. These degrade the substrate and can lead to cracking.
- **Do not** apply excessive shear force. This can cause delamination of the layers.
- **Do not** exceed 1mA of current per square centimeter of applied force (actuator area). This can irreversibly damage the device.

Evaluation Parts

## Descriptions and Dimensions

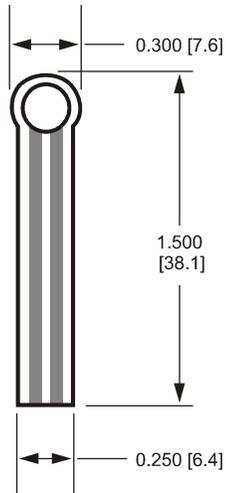


Figure 5:  
Part No. 400 (0.2" Circle)

**Active Area:** 0.2" [5.0] diameter

**Nominal Thickness:** 0.012" [0.30 mm]

**Material Build:**

**Semiconductive layer**

0.004" [0.10] PES

**Spacer adhesive**

0.002" [0.05] Acrylic

**Conductive layer**

0.004" [0.10] PES

**Rear adhesive**

0.002" [0.05] Acrylic

**Connector options**

- No connector
- Solder Tabs (not shown)
- AMP Female connector

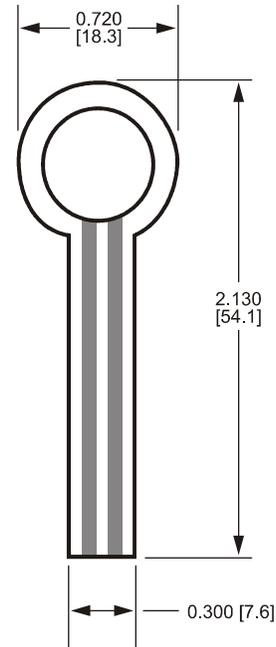


Figure 6:  
Part No. 402 (0.5" Circle)

**Active Area:** 0.5" [12.7] diameter

**Nominal thickness:** 0.018" [0.46 mm]

**Material Build:**

**Semiconductive Layer**

0.005" [0.13] Ultem

**Spacer Adhesive**

0.006" [0.15] Acrylic

**Conductive Layer**

0.005" [0.13] Ultem

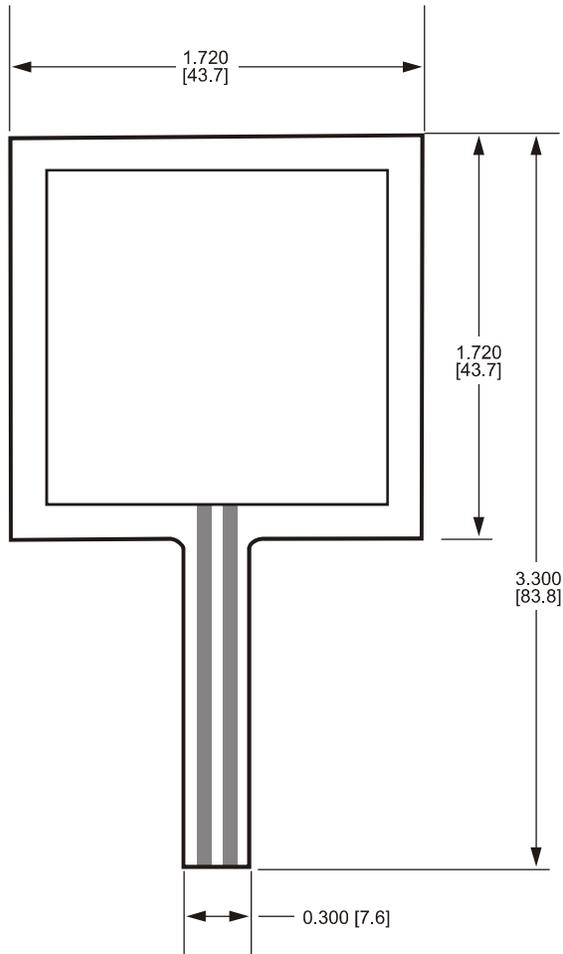
**Rear Adhesive**

0.002" [0.05] Acrylic

**Connector**

- No connector
- Solder Tabs (not shown)
- AMP Female connector

Dimensions in brackets: millimeters • Dimensional Tolerance:  $\pm 0.015$ " [0.4] • Thickness Tolerance:  $\pm 10\%$



**Active Area:** 1.5" [38.1] x 1.5" [38.1]

**Nominal thickness:** 0.018" [0.46 mm]

**Material Build:**

**Semiconductive Layer**

0.005" [0.13] Ultem

**Spacer Adhesive**

0.006" [0.15] Acrylic

**Conductive Layer**

0.005" [0.13] Ultem

**Rear Adhesive**

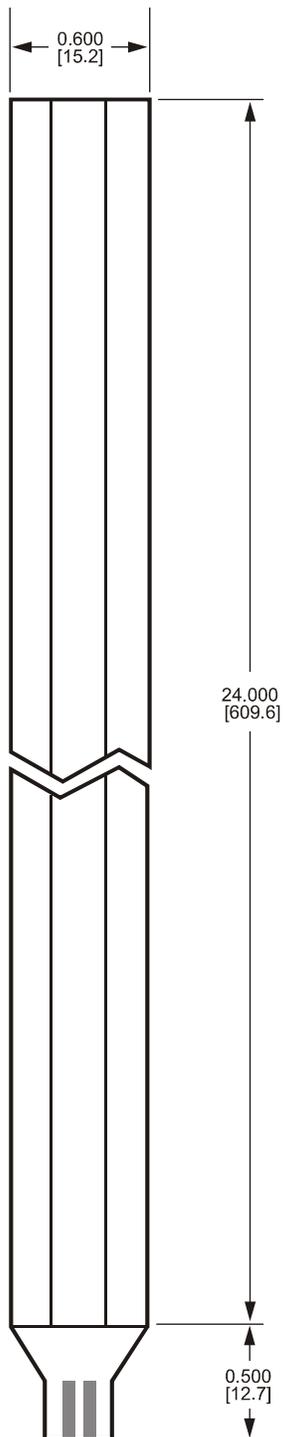
0.002" [0.05] Acrylic

**Connectors**

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

Figure 7:  
**Part No. 406 (1.5" Square)**

*Dimensions in brackets: millimeters • Dimensional Tolerance:  $\pm 0.015$ " [0.4] • Thickness Tolerance:  $\pm 10\%$*



**Active Area:** 24" [609.6] x 0.25" [6.3]

**Nominal thickness:** 0.135" [0.34 mm]

**Material Build:**

**Semiconductive Layer**

0.004" [0.10] PES

**Spacer Adhesive**

0.0035" [0.089] Acrylic

**Conductive Layer**

0.004" [0.10] PES

**Rear Adhesive**

0.002" [0.05] Acrylic

**Connectors**

- a. No connector
- b. Solder Tabs (not shown)
- c. AMP Female connector

Figure 8  
Part No. 408 (24" Trimmable Strip)

*Dimensions in brackets: millimeters*  
*Dimensional Tolerance:  $\pm 0.015$ " [0.4]*  
*Thickness Tolerance:  $\pm 10\%$*

## General FSR Characteristics

These are typical parameters. The FSR is a custom device and can be made for use outside these characteristics. Consult Sales Engineering with your specific requirements.

### Simple FSR Devices and Arrays

PARAMETER	VALUE	NOTES
<b>Size Range</b>	Max = 20" x 24" (51 x 61 cm) Min = 0.2" x 0.2" (0.5 x 0.5 cm)	Any shape
<b>Device thickness</b>	0.008" to 0.050" (0.20 to 1.25 mm)	Dependent on materials
<b>Force Sensitivity Range</b>	< 100 g to > 10 kg	Dependent on mechanics
<b>Pressure Sensitivity Range</b>	< 1.5 psi to > 150 psi (< 0.1 kg/cm <sup>2</sup> to > 10 kg/cm <sup>2</sup> )	Dependent on mechanics
<b>Part-to-Part Force Repeatability</b>	± 15% to ± 25% of established nominal resistance	With a repeatable actuation system
<b>Single Part Force Repeatability</b>	± 2% to ± 5% of established nominal resistance	With a repeatable actuation system
<b>Force Resolution</b>	Better than 0.5% full scale	
<b>Break Force (Turn-on Force)</b>	20 g to 100 g (0.7 oz to 3.5 oz)	Dependent on mechanics and FSR build
<b>Stand-Off Resistance</b>	> 1MΩ	Unloaded, unbent
<b>Switch Characteristic</b>	Essentially zero travel	
<b>Device Rise Time</b>	1-2 msec (mechanical)	
<b>Lifetime</b>	> 10 million actuations	
<b>Temperature Range</b>	-30°C to +70°C	Dependent on materials
<b>Maximum Current</b>	1 mA/cm <sup>2</sup> of applied force	
<b>Sensitivity to Noise/Vibration</b>	Not significantly affected	
<b>EMI / ESD</b>	Passive device	
<b>Lead Attachment</b>	Standard flex circuit techniques	

## For Linear pots

PARAMETER	VALUE	NOTES
<b>Positional Resolution</b>	0.003" to 0.02" (0.075 to 0.5 mm)	Dependent on actuator size
<b>Positional Accuracy</b>	Better than $\pm 1\%$ of full length	

*FSR terminology is defined on pages 14 and 15 of this guide.*

The product information contained in this document is designed to provide general information and guidelines only and must not be used as an implied contract with Interlink Electronics. Acknowledging our policy of continual product development, we reserve the right to change without notice any detail in this publication. Since Interlink Electronics has no control over the conditions and method of use of our products, we suggest that any potential user confirm their suitability before adopting them for commercial use.

## Glossary of Terms

<b>Active Area</b>	The area of an FSR device that responds to normal force with a decrease in resistance.
<b>Actuator</b>	The object which contacts the sensor surface and applies force to FSRs.
<b>Applied Force</b>	The force applied by the actuator on the active area of the sensor.
<b>Array</b>	Any grouping or matrix of FSR sensors which can be individually actuated and measured.
<b>Break Force</b>	The minimum force required, with a specific actuator size, to cause the onset of the FSR response.
<b>Cross-talk</b>	Measurement noise or inaccuracies of a sensor as a result of the actuation of another sensor on the same substrate. See also false triggering.
<b>Drift</b>	The change in resistance with time under a constant (static) load. Also called resistance drift.
<b>Durometer</b>	The measure of the hardness of rubber.
<b>EMI</b>	Electromagnetic interference.
<b>ESD</b>	Electrostatic discharge.
<b>False triggering</b>	The unwanted actuation of a FSR device from unexpected stimuli; e.g., bending or cross-talk.
<b>Fixed Resistor</b>	The printed resistor on linear potentiometers that is used to measure position.
<b>Footprint</b>	Surface area and force distribution of the actuator in contact with the sensor surface.
<b>Force Resolution</b>	The smallest measurable difference in force.
<b>FSR™</b>	Force Sensing Resistors <sup>®</sup> . A polymer thick film device with exhibits a decrease in resistance with an increase in force applied normal to the device surface.
<b>Graphic Overlay</b>	A printed substrate that covers the FSR. Usually used for esthetics and protection.
<b>Housed Female</b>	A stitched on AMP connector with a receptacle (female) ending. A black plastic housing protects the contacts. Suitable for removable ribbon cable connector and header pin attachment.
<b>Hysteresis</b>	In a dynamic measurement, the difference between instantaneous force measurements at a given force for an increasing load versus a decreasing load.
<b>Interdigitating Electrodes</b>	The conductor grid. An interweaving pattern of linearly offset conductor traces used to achieve electrical contact. This grid is shunted by the semiconductor layer to give the FSR response.
<b>Lead Out or Busing System</b>	The method of electrically accessing each individual sensor.
<b>Lexan<sup>®</sup></b>	Polycarbonate. A substrate used for graphic overlays and labels. Available in a variety of surface textures.

<b>Melinex®</b>	A brand of polyester(PET). A substrate with lower temperature resistance than Ulterm® or PES, but with excellent flexibility and low cost. Similar to Mylar™.
<b>Part or Device</b>	The FSR. Consists of the FSR semiconductive material, conductor, adhesives, graphics or overlays, and connectors.
<b>PES</b>	Polyethersulfone. A transparent substrate with excellent temperature resistance, moderate chemical resistance, and good flexibility.
<b>Pin Out</b>	The descriptions of a FSR's electrical access at the connector pad (tail).
<b>Repeatability</b>	The ability to repeat, within a tolerance, a previous response characteristic.
<b>Response Characteristic</b>	The relationship of force or pressure vs. resistance.
<b>Saturation Pressure</b>	The pressure level beyond with the FSR response characteristic deviates from its inverse power law characteristic. Past the saturation pressure, increases in force yield little or no decrease in resistance.
<b>Sensor</b>	Each area of the FSR device that is independently force sensitive (as in an array).
<b>Solder-tabs</b>	Stitched on AMP connectors with tab endings. Suitable for direct PC board connection or for soldering to wires.
<b>Space and Trace</b>	The widths of the gaps and fingers of the conductive grid; also called pitch.
<b>Spacer Adhesive</b>	The adhesive used to laminate FSR devices tighter. Dictates stand-off.
<b>Stand-off</b>	The gap or distance between the opposed polymer film layers when the sensor is unloaded and unbent.
<b>Stand-off Resistance</b>	The FSR resistance when the device is unloaded and unbent.
<b>Substrate</b>	Any base material on which the FSR semi-conductive or metallic polymers are printed. (For example, polyetherimide, polyethersulfone and polyester films).
<b>Tail</b>	The region where the lead out or busing system terminates. Generally, the tail ends in a connector.
<b>Ulterm®</b>	Polyetherimide (PEI). A yellow, semi-transparent substrate with excellent temperature and chemical resistance and limited flexibility.

Interlink Electronics, Inc. holds international patents for its Force Sensing Resistor technology. FSR is a trademark and Force Sensing Resistors is a registered trademark of Interlink Electronics. Interlink and the six dot logotype are registered marks of Interlink Electronics.

Ultem and Lexan are registered trademarks of G.E., Melinex is a registered trademark of ICI, and Mylar is a trademark of E.I. Dupont & Co.

## Suggested Electrical Interfaces Basic FSRs

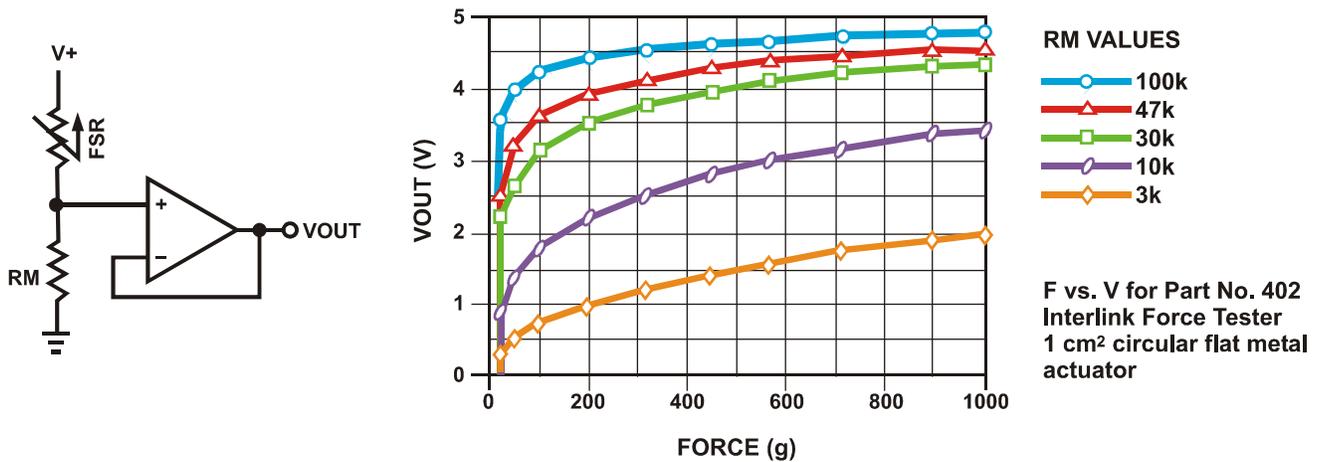


Figure 9  
FSR Voltage Divider

### FSR Voltage Divider

For a simple force-to-voltage conversion, the FSR device is tied to a measuring resistor in a voltage divider configuration. The output is described by the equation:

$$V_{OUT} = (V+) / [1 + R_{FSR}/R_M].$$

In the shown configuration, the output voltage increases with increasing force. If  $R_{FSR}$  and  $R_M$  are swapped, the output swing will decrease with increasing force. These two output forms are mirror images about the line  $V_{OUT} = (V+) / 2$ .

The measuring resistor,  $R_M$ , is chosen to maximize the desired force sensitivity range and to limit current. The current through the FSR should be limited to less than 1 mA/square cm of applied force. Suggested op-amps for single sided supply designs are LM358 and LM324. FET input devices such as LF355 and TL082 are also good. The low bias currents of these op-amps reduce the error due to the source impedance of the voltage divider.

A family of FORCE vs.  $V_{OUT}$  curves is shown on the graph above for a standard FSR in a voltage divider configuration with various  $R_M$  resistors. A  $(V+)$  of +5V was used for these examples.

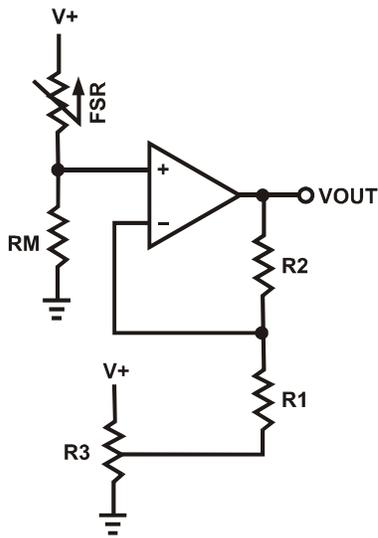


Figure 10  
Adjustable Buffer

## Adjustable Buffers

Similar to the FSR Voltage Divider, these interfaces isolate the output from the high source impedance of the Force Sensing Resistor. However, these alternatives allow adjustment of the output offset and gain.

In Figure 10, the ratio of resistors R2 and R1 sets the gain of the output. Offsets resulting from the non-infinite FSR resistance at zero force (or bias currents) can be trimmed out with the potentiometer, R3. For best results, R3 should be about one-twentieth of R1 or R2. Adding an additional pot at R2 makes the gain easily adjustable. Broad range gain adjustment can be made by replacing R2 and R1 with a single pot.

The circuit in Figure 11 yields similar results to the previous one, but the offset trim is isolated from the adjustable gain. With this separation, there is no constraint on values for the pot. Typical cal for R5 and the pot are around 10k $\Omega$ .

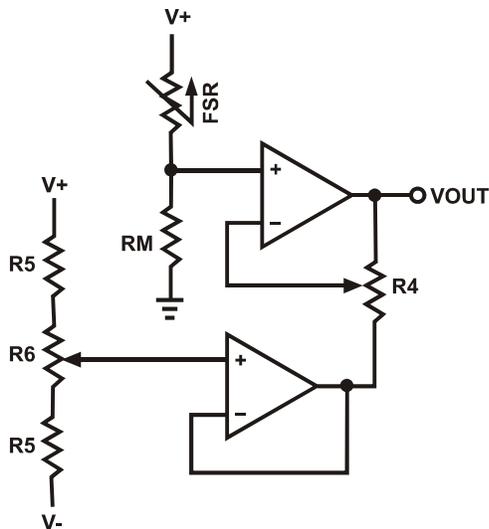


Figure 11  
Adjustable Buffer

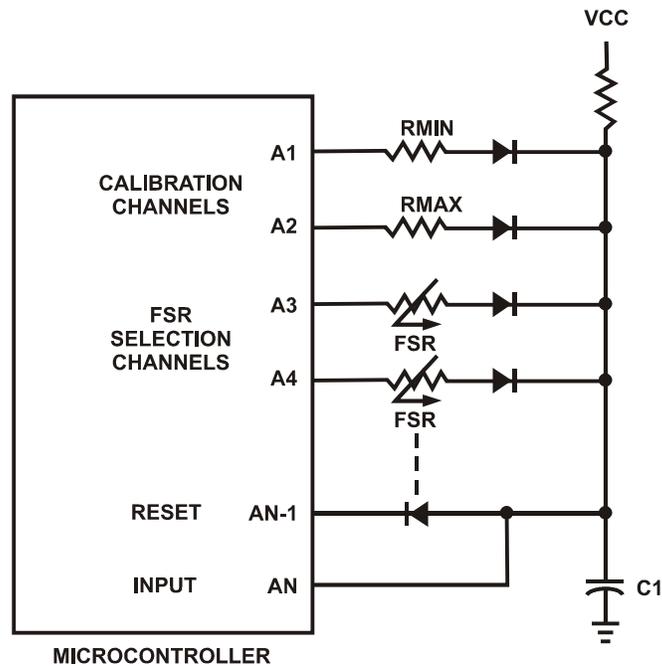


Figure 12  
Multi-Channel FSR-to-Digital Interface

## Multi-Channel to FSR-to-Digital Interface

Sampling Cycle (any FSR channel):

The microcontroller switches to a specific FSR channel, toggling it high, while all other FSR channels are toggled low. The RESET channel is toggled high, a counter starts and the capacitor C1 charges, with its charging rate controlled by the resistance of the FSR ( $t \sim RC$ ). When the capacitor reaches the high digital threshold of the INPUT channel, the counter shuts off, the RESET is toggled low, and the capacitor discharges.

The number of “counts” it takes from the toggling of the RESET high to the toggling of the INPUT high is proportional to the resistance of the FSR. The resistors RMIN and RMAX are used to set a minimum and maximum “counts” and therefore the range of the “counts”. They are also used periodically to re-calibrate the reference. A sampling cycle for RMIN is run, the number of “counts” is stored and used as a new zero. Similarly, a sampling cycle for RMAX is run and the value is stored as the maximum range (after subtracting the RMIN value). Successive FSR samplings are normalized to the new zero. The full range is “zoned” by dividing the normalized maximum “counts” by the number of desired zones. This will delineate the window size or width of each zone.

Continual sampling is done to record changes in FSR resistance due to change in force. Each FSR is selected sequentially.

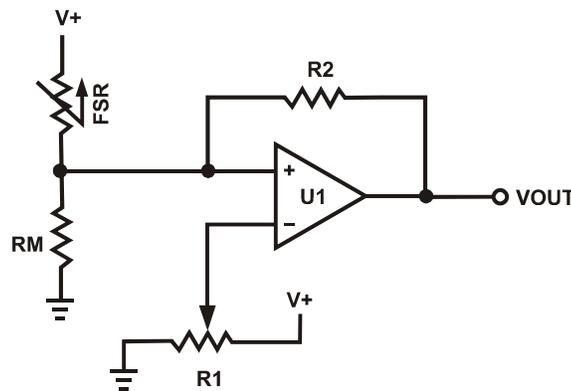


Figure 13  
 FSR Variable Force Threshold Switch

## FSR Variable Force Threshold Switch

This simple circuit is ideal for applications that require on-off switching at a specified force, such as touch-sensitive membrane, cut-off, and limit switches. For a variation of this circuit that is designed to control relay switching, see the following page.

The FSR device is arranged in a voltage divider with  $R_M$ . An op-amp, U1, is used as a comparator. The output of U1 is either high or low. The non-inverting input of the op-amp is driven by the output of the divider, which is a voltage that increases with force. At zero force, the output of the op-amp will be low. When the voltage at the non-inverting input of the op-amp exceeds the voltage of the inverting input, the output of the op-amp will toggle high. The triggering voltage, and therefore the force threshold, is set at the inverting input by the pot R1. The hysteresis, R2, acts as a “debouncer”, eliminating any multiple triggerings of the output that might occur.

Suggested op-amps are LM358 and LM324. Comparators like LM393 also work quite well. The parallel combination of R2 with  $R_M$  is chosen to limit current and to maximize the desired force sensitivity range. A typical value for this combination is about 47k $\Omega$ .

The threshold adjustment pot, R1, can be replaced by two fixed value resistors in a voltage divider configuration.

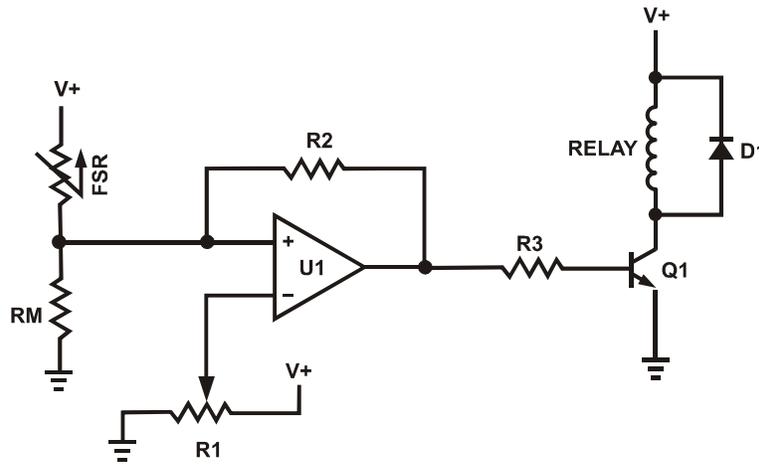


Figure 14  
FSR Variable Force Threshold Relay Switch

## FSR Variable Force Threshold Relay Switch

This circuit is a derivative of the simple FSR Variable Force Threshold Switch on the previous page. It has use where the element to be switched requires higher current, like automotive and industrial control relays.

The FSR device is arranged in a voltage divider with  $R_M$ . An op-amp, U1, is used as a comparator. The output of U1 is either high or low. The non-inverting input of the op-amp sees the output of the divider, which is a voltage that increases with force. At zero force, the output of the op-amp will be low. When the voltage at the non-inverting input of the op-amp exceeds the voltage of the inverting input, the output of the op-amp will toggle high. The triggering voltage, and therefore the force threshold, is set at the inverting input by the pot R1. The transistor Q1 is chosen to match the required current specification for the relay. Any medium power NPN transistor should suffice. For example, an NTE272 can sink 2 amps, and an NTE291 can sink 4 amps. The resistor R3 limits the base current (a suggested value is  $4.7k\Omega$ ). The hysteresis resistor, R2, acts as a “debouncer”, eliminating any multiple triggerings of the output that might occur.

Suggested op-amps are LM358 and LM324. Comparators like LM393 and LM339 also work quite well, but must be used in conjunction with a pull-up resistor. The parallel combination of R2 with  $R_M$  is chosen to limit current and to maximize the desired force sensitivity range. A typical value for this combination is about  $47k\Omega$ .

The threshold adjustment pot, R1, can be replaced by two fixed value resistors in a voltage divider configuration. The diode D1 is included to prevent flyback, which could harm the relay and the circuitry.

## FSR Current-to-Voltage Converter

In this circuit, the FSR device is the input of a current-to-voltage converter. The output of this amplifier is described by the equation:

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot [-R_G/R_{FSR}].$$

With a positive reference voltage, the output of the op-amp must be able to swing below ground, from 0V to  $-V_{REF}$ , therefore dual sided supplies are necessary. A negative reference voltage will yield a positive output swing, from 0V to  $+V_{REF}$ .

$$V_{OUT} = (-R_G \cdot V_{REF}) / R_{FSR}.$$

$V_{OUT}$  is inversely proportional to  $R_{FSR}$ . Changing  $R_G$  and/or  $V_{REF}$  changes the response slope. The following is an example of the sequence used for choosing the component values and output swing:

For a human-to-machine variable control device, like a joystick, the maximum force applied to the FSR is about 1kg. Testing of a typical FSR shows that the corresponding  $R_{FSR}$  at 1kg is about 4.6k $\Omega$ . If  $V_{REF}$  is  $-5V$ , and an output swing of 0V to  $+5V$  is desired, then  $R_G$  should be approximately equal to this minimum  $R_{FSR}$ .  $R_G$  is set at 4.7k $\Omega$ . A full swing of 0V to  $+5V$  is thus achieved. A set of FORCE vs.  $V_{OUT}$  curves is shown in Figure 15 for a standard FSR using this interface with a variety of  $R_G$  values.

The current through the FSR device should be limited to less than 1 mA/square cm of applied force. As with the voltage divider circuit, adding a resistor in parallel with  $R_{FSR}$  will give a definite rest voltage, which is essentially a zero-force intercept value. This can be useful when resolution at low forces is desired.

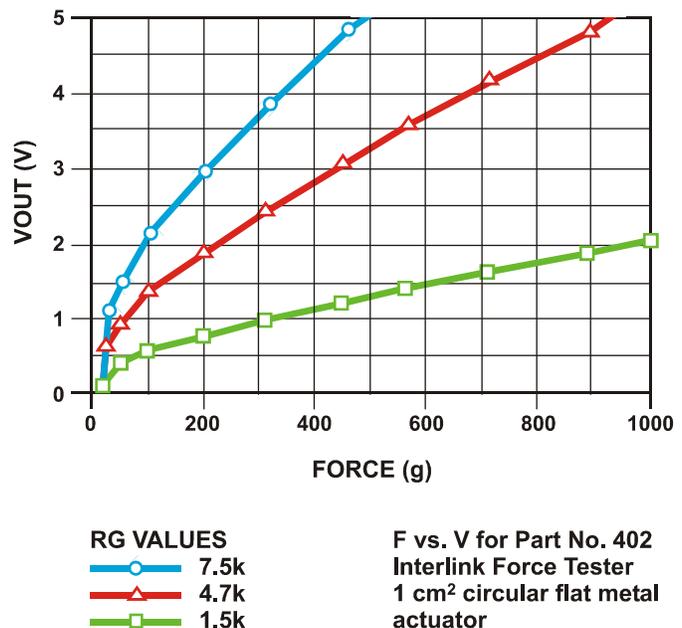
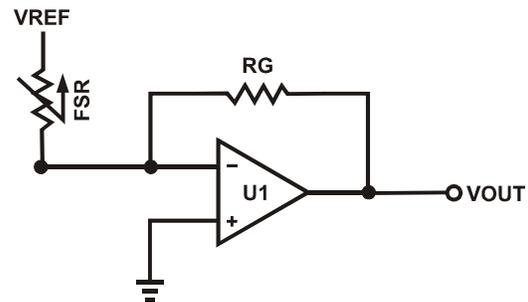


Figure 15  
FSR Current-to-Voltage Converter

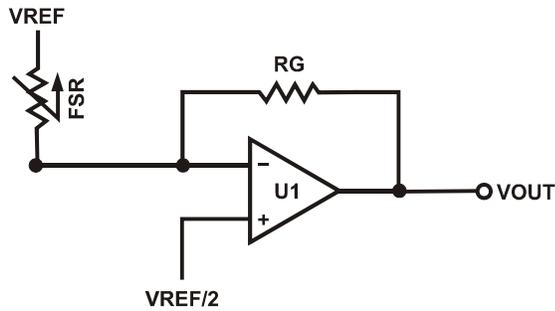


Figure 16  
Add'l FSR Current-to-Voltage Converter

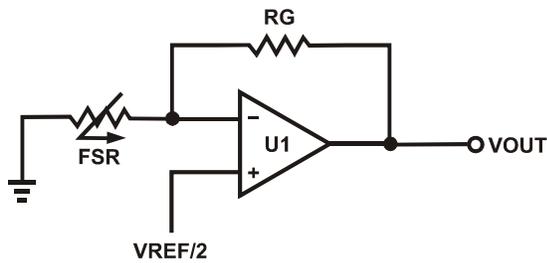


Figure 17  
Add'l FSR Current-to-Voltage Converter

## Additional FSR Current-to-Voltage Converters

These circuits are a slightly modified version of the current-to-voltage converter detailed on the previous page. Please refer to it for more detail.

The output of Figure 16 is described by the equation:

$$V_{OUT} = [V_{REF}/2] * [1 - R_G/R_{FSR}]$$

The output swing of this circuit is from (VREF/2) to 0V. In the case where RG is greater than RFSR, the output will go into negative saturation.

The output of Figure 17 is described by the equation:

$$V_{OUT} = V_{REF}/2 * [1 + R_G/R_{FSR}]$$

The output swing of this circuit is from (VREF/2) to VREF. In the case where RG is greater than RFSR, the output will go into positive saturation.

For either of these configurations, a zener diode placed in parallel with RG will limit the voltage built up across RG. These designs yield one-half the output swing of the previous circuit, but only require single sided supplies and positive reference voltages. Like the preceding circuit, the current through the FSR should be limited to less than 1 mA/square cm of applied force.

Suggested op-amps are LM358 and LM324.

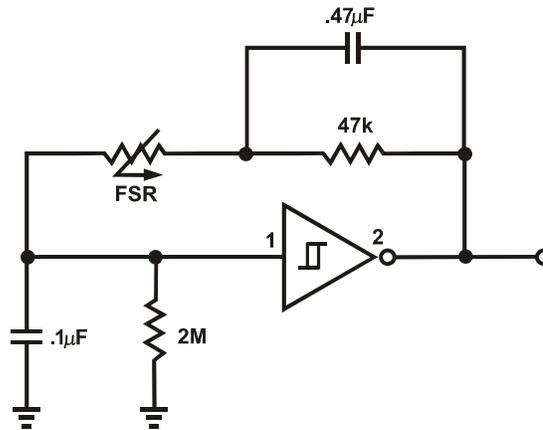
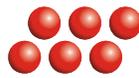


Figure 18  
FSR Schmitt Trigger Oscillator

## FSR Schmitt Trigger Oscillator

In this circuit, an oscillator is made using the FSR device as the feedback element around a Schmitt Trigger. In this manner, a simple force-to-frequency converter is made. At zero force, the FSR is an open circuit. Depending on the last stage of the trigger, the output remains constant, either high or low. When the FSR is pressed, the oscillator starts, its frequency increasing with increasing force. The  $2\text{M}\Omega$  resistor at the input of the trigger insures that the oscillator is off when FSRs with non-infinite resistance at zero force are used. The  $47\text{k}\Omega$  resistor and the  $0.47\ \mu\text{F}$  capacitor control the force-to-frequency characteristic. Changes in the “feel” of this circuit can be made by adjusting these values. The  $0.1\ \mu\text{F}$  capacitor controls the frequency range of the oscillator. By implementing this circuit with CMOS or TTL, a digital process can be controlled by counting leading and/or trailing edges of the oscillator output. Suggested Schmitt Triggers are CD40106, CD4584 or 74C14.



INTERLINK  
ELECTRONICS

[www.interlinkelectronics.com](http://www.interlinkelectronics.com)

546 Flynn Road • Camarillo, CA 93012  
805-484-8855 Phone • 805-484-8989 Fax