



UNIVERSIDADE D  
COIMBRA

José Vasco Santos de Oliveira e Mota

**PROJETO E CONCEÇÃO DE DISPOSITIVOS DE  
COMPENSAÇÃO EM PROCEDIMENTOS DE  
REABILITAÇÃO DA MÃO**

Dissertação no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica orientada  
pelo Professor Doutor Luís Manuel Ferreira Roseiro e Professora Doutora Ana  
Paula Betencourt Martins Amaro apresentada ao Departamento de Engenharia  
Mecânica

Setembro de 2019



1 2



9 0

FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

# **Projeto e Conceção de Dispositivos de Compensação para Apoio em Procedimentos de Reabilitação da Mão**

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica na Especialidade de Produção e Projeto

## **Project and Design of Compensation Devices for Hand Rehabilitation Procedures**

**Autor**

**José Vasco Santos de Oliveira e Mota**

**Orientadores**

**Professor Doutor Luis Manuel Ferreira Roseiro**

**Professora Doutora Ana Paula Betencourt Martins Amaro**

**Júri**

<b>Presidente</b>	<b>Professora Doutora Maria Augusta Neto</b> <b>Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra</b>
<b>Orientadora</b>	<b>Professora Doutora Ana Paula Betencourt Martins Amaro</b> <b>Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra</b> <b>Professora Doutora Maria António Ferreira de Castro</b>
<b>Vogal</b>	<b>Professor Adjunta da Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Coimbra – Instituto Politécnico</b>

**Colaboração Institucional**

---



**Instituto Superior  
Engenharia de  
Coimbra**

**Coimbra, setembro, 2019**







## **Agradecimentos**

O trabalho presente foi o culminar de cinco anos enquanto estudante da Universidade de Coimbra, sendo somente possível devido ao apoio de pessoas que não poderia deixar de referir.

Em primeiro lugar, aos meus pais e restante família, pelo apoio incansável que me deram ao longo destes últimos anos e, sobretudo, durante este trabalho.

Aos meus orientadores, Prof. Doutor Luis Roseiro e Prof<sup>ª</sup>. Doutora Ana Amaro, pela disponibilidade que demonstraram, assim como pela preocupação que tiveram ao longo da realização deste trabalho.

Às amigas que foram feitas durante estes cinco anos, dentro e fora do departamento, pela convivência e momentos passados que irei guardar comigo sempre.

Aos meus amigos de longa data, que se mantiveram sempre comigo até agora e que espero que continuem presentes nesta nova etapa que estou prestes a iniciar.

Aos profissionais de saúde que foram inquiridos, pelo tempo e disponibilidade que demonstram para contribuir com o trabalho realizado.



## Resumo

No âmbito da patologia, existem condições médicas que afetam, significativamente, o controlo muscular e a mobilidade das suas mãos de um indivíduo e, portanto, condicionam o tipo de movimentos e ações possíveis de realizar sem dificuldade.

O objetivo do presente trabalho foi idealizar e projetar um dispositivo que auxiliasse estas pessoas no que diz respeito a abrir e fechar portas através de uma chave. Existem dispositivos, atualmente disponíveis no mercado, com a mesma finalidade, no entanto as opções são escassas e podem revelar-se pouco adequadas, no que diz respeito à sua forma de funcionamento.

No decorrer do trabalho realizado, foram criados três dispositivos diferentes para atingir o objetivo referido, sendo o terceiro considerado como o mais viável e, portanto, final. Todos os dispositivos criados foram feitos com recurso à modelação e impressão 3D e, posteriormente, sujeitos a testes de forma a determinar a sua funcionalidade.

O dispositivo final foi avaliado, através de um questionário, por um grupo de profissionais de saúde, nomeadamente fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais, de forma a retirar conclusões acerca da sua utilidade, funcionalidade e adaptabilidade em pessoas com dificuldades motoras na mão.

Após a realização do questionário e da análise das respostas obtidas, foi concluído que o dispositivo criado teve uma apreciação positiva por parte dos inquiridos, destacando-se o seu carácter inovador e a possibilidade de, após ser melhorado, ser inserido no mercado para que os lesados possam usufruir das suas funcionalidades.

**Palavras-chave:** Mão, Capacidade Motora, Reabilitação, Dispositivo de Compensação, Chave, Porta



## Abstract

Within the context of pathology, there are medical conditions that affect, significantly, the muscular control and mobility of the hands of an individual and, therefore, compromise the type of movements and actions possible to accomplish without difficulty.

The main goal of the present work was to idealize and to project a mechanism that would assist these people in opening and closing doors through a key. There are devices, currently available on the market, with the same end, however these options are scarce and may prove to be inappropriate regarding its way of functioning.

Throughout the work, there were created three different devices, to accomplish the referred goal, the third being considered the most viable and, therefore, final. All of the created devices were made through 3D modeling and printing and, subsequently, subjects of trials in order to determine its functionality.

The final device was assessed, through a questionnaire, by a group of health professionals, namely physiotherapists and occupational therapists, in order to draw conclusions about its utility, functionality and adaptability in people with motor difficulties of the hand.

After the completion of the questionnaire and the analysis of the answers obtained, it was concluded that the created device had a positive appreciation by the respondents, highlighting its innovative character and the possibility of, after being improved, being inserted in the market so that the injured can benefit from its features.

**Keywords** Hand, Motor Skill, Rehabilitation, Compensation Device, Key, Door.



---

## Índice

Índice de Figuras.....	ix
Siglas.....	xi
Siglas.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contributo do autor.....	2
1.2. Estrutura da dissertação.....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	3
2.1. Anatomia Humana.....	3
2.1.1. A mão humana.....	4
2.1.2. Sistema nervoso humano.....	5
2.2. Lesões afetando a mão.....	7
2.2.1. AVC.....	7
2.2.2. Tetraplegia incompleta.....	8
2.2.3. Parkinson.....	9
2.3. Soluções no mercado atual.....	10
2.3.1. Produto 1.....	10
2.3.2. Produto 2.....	12
2.4. Necessidade de inovação.....	13
2.5. Impressão 3D.....	13
3. METODOLOGIA.....	15
3.1. Idealização e Conceção.....	15
3.1.1. Componentes.....	16
3.2. Produtos criados.....	20
3.2.1. Primeiro Produto.....	20
3.2.2. Segundo Produto.....	22
3.2.3. Terceiro Produto.....	24
4. AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO CRIADO.....	27
4.1. Grupo de questionados.....	27
4.2. Questionário realizado.....	28
5. EXPOSIÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS.....	29
5.1. Primeira questão.....	29
5.2. Segunda questão.....	31
5.3. Terceira questão.....	32
5.4. Quarta questão.....	33
5.5. Quinta questão.....	35
5.6. Sexta questão.....	36
5.7. Sétima questão.....	38
5.8. Observações por parte dos inquiridos.....	39
5.8.1. Observações a nível da geometria e do material.....	39

5.8.2. Observações a nível do funcionamento.....	40
5.8.3. Observações a nível da utilidade.....	40
6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	41
6.1. Conclusões .....	41
6.2. Sugestões para trabalhos futuros.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
WEBGRAFIA.....	45
APÊNDICE A.....	46

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Anatomia da mão humana ( <a href="https://www.anatomynote.com">https://www.anatomynote.com</a> ).....	5
Figura 2.2. Sistema nervoso do corpo humano ( <a href="https://www.coladaweb.com">https://www.coladaweb.com</a> ).....	6
Figura 2.3. Produto 1 (vista 1) ( <a href="https://www.performancehealth.com">https://www.performancehealth.com</a> ).....	11
Figura 2.4. Produto 1 (vista 2) ( <a href="https://www.performancehealth.com">https://www.performancehealth.com</a> ).....	11
Figura 2.5. Produto 2 (vista 1) ( <a href="https://www.healthproductsforyou.com">https://www.healthproductsforyou.com</a> ).....	12
Figura 2.6. Produto 2 (vista 2) ( <a href="https://www.healthproductsforyou.com">https://www.healthproductsforyou.com</a> ).....	12
Figura 3.1. Exemplo de roquete ( <a href="https://ferramentas.pt">https://ferramentas.pt</a> ) .....	17
Figura 3.2. Desenho 3D do prolongador.....	17
Figura 3.3. Prolongador: (a) vista lateral; (b) vista frontal; (c) vista posterior. ....	18
Figura 3.4. Peça metálica em estado primitivo: (a) vista frontal; (b) vista lateral; (c) vista de baixo.....	18
Figura 3.5. Peça metálica no estado final: (a) vista frontal; (b) vista lateral; (c) vista de baixo. ....	19
Figura 3.6. Conjunto dos componentes: base cilíndrica-roquete-prolongador-peça metálica .....	19
Figura 3.7. Primeiro produto: (a) vista frontal; (b) manipulação do produto.....	20
Figura 3.8. 1ª base cilíndrica após desbaste. ....	21
Figura 3.9. Segundo produto: (a) vista frontal; (b) manipulação do produto.....	22
Figura 3.10. 2ª base cilíndrica: (a) vista posterior; (b) vista frontal. ....	23
Figura 3.11. (a) Roda pivotada; (b) Conjunto cilindro-roda .....	23
Figura 3.12. Conjunto do terceiro produto: base cilíndrica-alternador de sentido-roda. ....	24
Figura 3.13. Alternador de sentido. ....	25
Figura 3.14. Roda final.....	26
Figura 5.1. Concordância com a 1ª afirmação.....	30
Figura 5.2. Concordância com a 1ª afirmação em percentagem. ....	30
Figura 5.3. Concordância com a 2ª afirmação.....	31
Figura 5.4. Concordância com a 2ª afirmação em percentagem .....	31
Figura 5.5. Concordância com a 3ª afirmação.....	32
Figura 5.6. Concordância com a 3ª afirmação em percentagem .....	33
Figura 5.7. Concordância com a 4ª afirmação.....	34

Figura 5.8. Concordância com a 4 <sup>a</sup> afirmação em percentagem .....	34
Figura 5.9. Concordância com a 5 <sup>a</sup> afirmação. ....	35
Figura 5.10. Concordância com a 5 <sup>a</sup> afirmação em percentagem .....	36
Figura 5.11. Concordância com a 6 <sup>a</sup> afirmação. ....	37
Figura 5.12. Concordância com a 6 <sup>a</sup> afirmação em percentagem .....	37
Figura 5.13. Concordância com a 7 <sup>a</sup> afirmação .....	38
Figura 5.14. Concordância com a 7 <sup>a</sup> afirmação em percentagem. ....	38

## **SIGLAS**

### **Siglas**

AVC – Acidente Vascular Cerebral

SNC – Sistema Nervoso Central

SNP – Sistema Nervoso Periférico



## 1. INTRODUÇÃO

A engenharia mecânica é uma das áreas mais versáteis no que diz respeito ao conjunto de conhecimentos adquiridos durante a formação e a educação do aluno. Atualmente, um engenheiro mecânico detém uma formação necessária para ingressar nas mais variadíssimas áreas de trabalho, desde a indústria automóvel ao controlo de produção de uma determinada empresa, por exemplo.

Na área da medicina, nomeadamente na área da reabilitação ou medicina física, a engenharia mecânica assume um papel fundamental no que diz respeito à projeção e conceção de dispositivos que visem auxiliar ou reabilitar indivíduos portadores de uma condição que resulte numa anomalia a nível motor. Em casos de pessoas que sofreram a amputação total de um determinado membro, o braço ou a perna, tem-se recorrido, cada vez mais, à utilização de próteses robóticas que visam substituir tais elementos do corpo humano, sendo possível observar um elevado grau de eficiência e de aprovação por parte dos visados. No entanto, este tipo de dispositivo mecânico não é adequado para auxiliar pessoas com dificuldades motoras causadas por doenças de natureza degenerativa e que ainda sejam portadoras dos membros afetados.

Existem certos tipos de condições médicas que resultam numa limitação motora e que, por consequente, têm impactos negativos na vida de um indivíduo. Tendo em conta que a mão do ser humano é responsável por realizar a grande maioria das tarefas do quotidiano, devido à sua utilidade no que diz respeito à manipulação de objetos, condições médicas que limitem a sua mobilidade e funcionalidade, e que, portanto, condicionem a independência de um indivíduo, têm, por vezes, consequências a nível mental e emocional, tais como ansiedade e depressão. Neste âmbito, a engenharia mecânica também possui um papel fundamental no que diz respeito ao desenvolvimento de produtos que possam auxiliar essas pessoas, de modo a restabelecer alguma normalidade nas suas vidas.

Sendo assim o objetivo desta dissertação foi projetar e construir um mecanismo, puramente de natureza mecânica com ausência de elementos eletrónicos, que permita facilitar a ação de abrir e fechar a porta de casa.

## **1.1. Contributo do autor**

O autor, através da dissertação exposta, pretende auxiliar indivíduos portadores de uma condição médica que resulte num desconforto significativo no seu quotidiano, no que diz respeito a terem uma independência condicionada.

Ao não conseguirem executar uma tarefa tão simples como abrir ou fechar a porta de sua casa, sem qualquer tipo de dispositivo que auxilie os visados, esta condição resulta num grave impacto a nível emocional e mental, sendo necessário encontrar soluções para este problema.

Após o estudo realizado no âmbito desta dissertação, verificou-se que as soluções atuais no mercado são escassas e pouco adequadas para que se verifique um melhoramento significativo na vida dos lesados.

Assim sendo, é da opinião do autor, que as soluções hoje presentes, para além de não serem suficientes, devem ser modificadas, de uma forma análoga à efetuada no seguinte trabalho, devido às características inovadoras do dispositivo obtido em contraste com as dos já existentes, como será possível concluir posteriormente.

## **1.2. Estrutura da dissertação**

No primeiro capítulo, encontra-se a introdução ao trabalho realizado. Seguidamente, é apresentado um enquadramento ao tema discutido no segundo capítulo, para fornecer ao leitor a informação necessária para que possa entender o que já foi feito atualmente e a necessidade de se criar um produto inovador. O terceiro capítulo é constituído pelos diferentes produtos criados, desde o primeiro até ao final, explicando o seu funcionamento, assim como os seus componentes. O quarto capítulo visa explicar ao leitor como é que a avaliação do produto se procedeu. No quinto capítulo é feita a exposição dos resultados obtidos através da avaliação do dispositivo, seguida de uma discussão acerca dos aspetos referidos. Por fim, no sexto capítulo, as ilações desta dissertação são apresentadas, assim como algumas sugestões para trabalhos futuros.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Com o intuito de facilitar o entendimento do leitor no que diz respeito ao assunto central desta dissertação, surge este capítulo.

Deste modo, nas seguintes páginas encontra-se presente um sucinto enquadramento, onde são apresentadas algumas das razões para o tipo de problema em causa, assim como uma justificação para criar soluções inovadoras, inexistentes no mercado atual.

Adicionalmente, e devido à importância deste processo de fabrico na conceção do dispositivo obtido, será apresentado um enquadramento relativo à impressão 3D.

### **2.1. Anatomia Humana**

O corpo humano pode ser dividido de duas maneiras distintas. De uma forma simples, este sistema complexo é constituído por cabeça, tronco e membros. Adicionalmente, é possível classificar o corpo humano através de uma forma menos trivial, dividindo-o em sistemas constituídos por órgãos, consoante a sua função no funcionamento do corpo humano.

Tendo em conta que o objetivo desta dissertação foi idealizar e desenvolver produtos que auxiliassem pessoas com mobilidade e funcionalidade das mãos afetadas, cabe ao leitor focar a sua atenção nesta parte do corpo humano. No entanto, discutir a anatomia da mão de um ser humano não seria suficiente, sendo necessário referir um sistema fundamental a toda a atividade motora do corpo, denominado por sistema nervoso.

Sendo assim, na secção 2.1.1. o leitor pode entender mais detalhadamente a anatomia da mão e a sua funcionalidade. Posteriormente, na secção 2.1.2. a constituição do sistema nervoso é discutida, assim como a relevância deste sistema no bom funcionamento da mão.

### 2.1.1. A mão humana

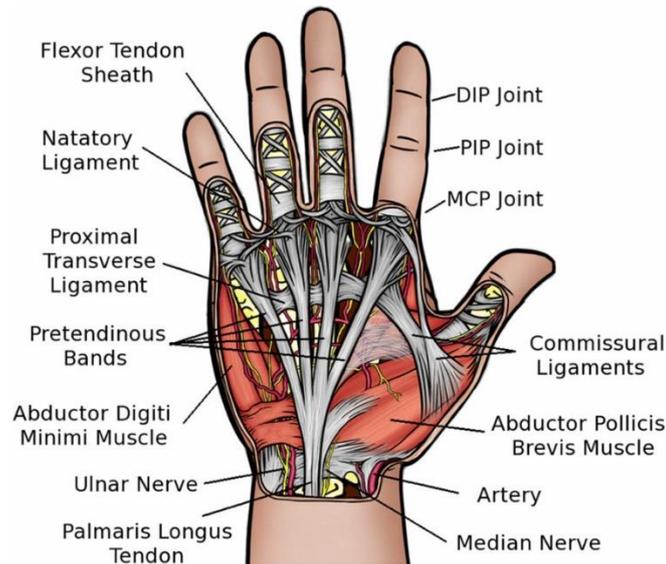
Como dito anteriormente, no que diz respeito ao corpo humano, cabe ao leitor focar a sua atenção na mão, a extremidade ramificada dos membros superiores, ou seja, dos braços. Este órgão assume um papel fundamental na vida do ser humano, devido à sua versatilidade e utilidade, e pode, inclusivamente, ser considerado como a parte mais ativa e importante do membro superior [1].

Como pentadáctilos, o ser humano é possuidor de polegares, uma das cinco ramificações da mão, denominadas como dedos. Na figura 2.1. é possível observar, da esquerda para a direita, o polegar, o indicador, o dedo médio, o anelar e o dedo mínimo. Resultante desta característica, os seres humanos, a par com os restantes primatas, têm a habilidade de agarrar objetos de variadíssimas geometrias. Esta habilidade resume-se numa diferença abismal comparativamente a outros animais e é uma das características diferenciadoras sonantes do ser humano, tal A. Kumar *et. al.* [2] referiram. Assim, de acordo com Taylor e Schwarz [3], a mão é, sem dúvida, um mecanismo de elevados níveis de complexidade e utilidade.

Como referido anteriormente, o ser humano tem a capacidade de agarrar diferentes objetos. Dependendo da geometria destes objetos e da disposição dos dedos é possível dividir esta ação em 2 tipos principais de *grip* ou pega [4]:

- *Pinch grip*: este tipo de pega é caracterizado pela disposição bilateral do polegar em relação aos restantes dedos (normalmente o indicador). Neste tipo de pega, o polegar assume o papel mais importante, sendo este o dedo responsável por fornecer a força necessária para manter o objeto na posição desejada. Devido à reduzida área de contacto entre o objeto e os dedos, este tipo de pega é considerado mais fraco em relação aos restantes. A título de exemplo, é possível incluir neste tipo de pega a ação de pegar numa chave.
- *Crush grip*: ao invés do primeiro tipo de pega, neste caso o objeto encontra-se em contacto com todos os dedos, assim como com a palma da mão. Os 4 dedos, excluindo o polegar, fornecem a força necessária para manter o objeto na posição desejada. É, portanto, considerado como

um tipo de pega mais firme. É possível incluir neste tipo de pega ações como apertar a mão de outra pessoa ou segurar um objeto cilíndrico.



**Figura 2.1.-** Anatomia da mão humana (<https://www.anatomynote.com>).

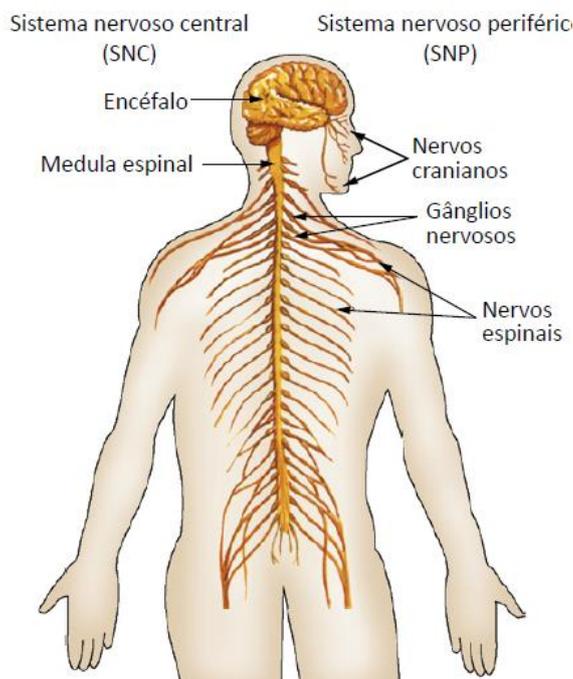
A anatomia da mão, representada na figura 2.1., é uma configuração de diferentes órgãos, nos quais é possível incluir músculos, articulações, tendões, ligamentos, ossos e vasos sanguíneos [2]. Estes órgãos são detentores de uma relação simbiótica entre si, ou seja, sem um destes componentes a mão não poderia funcionar normalmente.

Devido a esta dependência mútua, apesar de ser um instrumento com um grau de versatilidade enorme, quando, por doença crônica ou outro tipo de problema de saúde tendo como consequência uma lesão permanente num destes órgãos, a funcionalidade da mão pode ser comprometida. Adicionalmente, seria igualmente afetada na ausência de um sistema nervoso funcional.

### **2.1.2. Sistema nervoso humano**

No conjunto dos diversos sistemas de órgãos do corpo humano, é possível destacar, com especial relevância nesta dissertação, o sistema nervoso. Este sistema é composto por todas as células nervosas presentes no corpo humano, sendo possível destacar dois órgãos principais, sendo eles o encéfalo e a medula espinal. Na figura 2.2. é possível

observar os constituintes, assim como a sua ramificação no corpo humano, do sistema nervoso humano.



**Figura 2.2.-** Sistema nervoso do corpo humano (<https://www.coladaweb.com>)

Como é possível verificar na figura 2.2., o sistema nervoso pode ser dividido em dois conjuntos distintos. O primeiro, denominado por sistema nervoso central, ou SNC, é constituído pelo encéfalo e medula espinhal, sendo que o segundo conjunto, denominado por sistema nervoso periférico, ou SNP, é constituído por nervos e gânglios nervosos.

Este sistema do corpo humano é responsável pela transmissão de informação desde os recetores sensoriais presentes na pele até ao cérebro, assim como desde o cérebro até aos restantes órgãos no corpo. Tem, portanto, como principal função controlar toda a atividade do corpo humano, na qual se inclui, obviamente, a atividade motora. [5].

Cada movimento executado por uma pessoa teve a sua origem no sistema nervoso central. Esse comando para mover um determinado músculo ou um conjunto de músculos, é transmitido através de impulsos nervosos provenientes do sistema nervoso periférico. Na ausência de um sistema nervoso completamente funcional, a atividade motora de uma pessoa pode ser condicionada e gravemente afetada, sendo necessário abordar este sistema.

## 2.2. Lesões afetando a mão

Devido à utilidade da mão em atividades profissionais, nomeadamente atividades industriais, tal como operar máquinas, e em atividades do quotidiano, como, a título de exemplo, conduzir um veículo, esta parte do corpo humano é uma das mais vulneráveis, e, por consequente, as lesões afetando a mão constituem grande parte das lesões no corpo humano [6], [7]

Adicionalmente, apesar de não ocorrer com a mesma frequência, a mão também pode ser afetada devido a problemas de saúde tais como acidente vascular cerebral (AVC) ou doenças degenerativas como Parkinson. Neste caso, a funcionalidade da mão pode ser comprometida devido à degradação gradual ou repentina de um ou mais dos seus componentes, mesmo na ausência de um episódio traumático isolado.

Assim sendo, até ao final deste subcapítulo, estão presentes alguns exemplos de condições médicas que possam afetar o bom funcionamento da mão.

### 2.2.1. AVC

Um AVC é classificado como um défice neurológico atribuído a uma lesão pontual aguda no SNC [8].

Assim como todas as células do corpo humano, as células cerebrais necessitam de oxigénio, sendo este transportado através do sangue. Quando a circulação do sangue nos vasos sanguíneos respectivos ao cérebro é interrompida, devido a um coágulo ou a rutura do vaso sanguíneo, ocorre um AVC, sendo este classificado como isquémico ou hemorrágico, para o primeiro e segundo casos de interrupção de circulação, respectivamente.

Os sintomas de um AVC podem ser manifestados, essencialmente, através da paralisia da face ou dos membros superiores e dificuldade em articular palavras, dependendo da zona do cérebro afetada. Sendo assim, se a zona do cérebro afetada for a responsável pela coordenação motora das mãos ou membros superiores, estes podem vir a ser gravemente afetados, levando a sua paralisia total ou parcial. Um estudo levado pela *American Heart Association* em 2015 concluiu que o AVC é a causa de morte de 1 em cada 20 pessoas nos Estados Unidos da América [9].

Adicionalmente, nove em cada dez pessoas que sobreviveram a este problema de saúde, experienciam limitações a nível da atividade muscular. Sendo assim, um AVC pode ter como consequência uma condição denominada por hemiplegia, caracterizada pela paralisia de um lado do corpo, ou outro tipo de condição médica afetando a atividade muscular denominada por hemiparesia, caracterizada pela perda de força em metade do corpo. Este tipo de condições médicas pode afetar gravemente a vida de uma pessoa, devido a condicionar o tipo de movimentos que pode fazer.

Sendo o AVC um dos episódios traumáticos mais comuns a nível global, podendo ter como consequências o enfraquecimento muscular da mão e, conseqüentemente, originar dificuldade em manipular objetos, é essencial a abordagem deste tipo de problema.

### **2.2.2. Tetraplegia incompleta**

Na secção 2.1. foi explicado o SNC, no qual se inclui a espinal medula. Uma vez que este órgão é fundamental no que diz respeito ao bom funcionamento deste sistema, lesões afetando este órgão podem corresponder a consequências irreversíveis na habilidade motora do lesado.

De acordo com um estudo realizado no ano 2007, ocorreram cerca de 133 mil a 226 mil casos de lesão traumática da espinha cervical a nível global [10]. Dependendo da gravidade da lesão neste órgão, e uma vez que espinal medula é responsável pela transmissão de impulsos nervosos desde o cérebro aos músculos do corpo humano e dos recetores sensoriais ao cérebro, a funcionalidade motora do lesado pode ser comprometida.

A título de exemplo, é possível mencionar duas condições resultantes de uma lesão desta natureza: paraplegia e tetraplegia. As duas condições dependem do local na espinal medula onde ocorreu a lesão e traduzem-se em paralisia e ausência de respostas a estímulos externos, como o toque, das partes do corpo humano abaixo desse local. Sendo assim, a paraplegia afeta os membros inferiores, sendo que a tetraplegia, resultante de lesões traumáticas no pescoço, é uma condição que afeta o tronco e membros inferiores e superiores. Em 2004, um estudo concluiu que 50% dos casos de lesão da espinha cervical resultou em tetraplegia [11]. Uma vez que, no âmbito desta dissertação, o leitor deve focar a sua atenção em problemas afetando a mão, a tetraplegia tem uma relevância superior à paraplegia, neste caso em concreto.

Adicionalmente, dependendo se a lesão causou o corte total ou parcial da espinal medula, a paraplegia ou tetraplegia podem ser completas ou incompletas. Em 1982, foi publicado um estudo pela *American Spinal Injury Association* [12], cujo objetivo foi criar um sistema de classificação da gravidade da lesão na espinal medula. Assim, o tipo e a irreversibilidade da lesão passaram a basear-se na capacidade motora e sensorial do lesado na parte do corpo paralisada após o episódio traumático. Em casos onde se verifica a existência de tetraplegia incompleta, é observado no lesado o enfraquecimento e/ou rigidez musculares [13].

Sendo assim, este tipo de condição médica também se revela um aspeto importante a referir no âmbito deste estudo.

### **2.2.3. Parkinson**

No conjunto de doenças degenerativas, é possível destacar a doença de Parkinson como uma das que mais afeta o sistema nervoso central [14]. É, também, considerada como a doença mais comum, no que diz respeito condições que afetam o sistema motor de um indivíduo [15].

Ao provocar a morte de células nervosas no sistema nervoso central [16], esta doença é caracterizada, inicialmente, pela incapacitação motora do lesado, sendo possível incluir nos primeiros sintomas tremores involuntários das mãos, rigidez muscular e dificuldade relativa a realizar deslocamento, ou seja, a caminhar. Com o progresso da doença e, por consequente, com o aumento da diminuição de células nervosas funcionais, é possível verificar outros tipos de sintomas não relacionados com o sistema motor, tais como perdas de memória e demência [17], culminando com a morte do lesado.

Devido a esta doença afetar cerca de 6 milhões de pessoas no mundo [18] e, tendo em conta a esperança média de vida após o lesado ser diagnosticado com a doença de Parkinson rondar os 15 anos [19], ser responsável pela morte de mais de 100 mil pessoas por ano, já foi realizado um número elevado de estudos com vista em determinar, concretamente, as causas para o aparecimento desta doença. No entanto, nenhum desses estudos provou ser objetivamente conclusivo, tendo sido apenas possível concluir que, numa pequena percentagem dos casos, o aparecimento desta doença poderá estar relacionado com fatores genéticos, tendo-se verificado que cerca de 15% de pessoas afetadas com Parkinson tinham,

no mínimo, um familiar em primeiro grau também portador desta doença [15], e fatores ambientais tais como a exposição a pesticidas. [20], [17].

Devido aos sintomas expostos anteriormente, a doença de Parkinson enquadra-se no âmbito desta dissertação, uma vez que as pessoas afetadas com esta condição médica podem ter a mobilidade e funcionalidade da sua mão afetadas, condicionando o tipo de ações que podem realizar com facilidade.

### **2.3. Soluções no mercado atual**

Com o intuito de auxiliar as pessoas lesadas com os problemas retratados anteriormente, é possível encontrar no mercado atual várias soluções no que diz respeito a abrir e fechar uma fechadura.

Novamente, de referir que, devido aos problemas apresentados, as pessoas lesadas podem ter a mobilidade e funcionalidade das mãos afetadas, pelo que segurar num objeto de dimensões reduzidas como, a título de exemplo e relevância, uma chave pode revelar-se uma tarefa extremamente difícil e complexa.

Com o intuito de auxiliar pessoas, afetadas com este tipo de problemas, a abrir e fechar portas foram desenvolvidos produtos que, atualmente, se encontram disponíveis no mercado.

#### **2.3.1. Produto 1**

Nas figuras 2.4. e 2.5., está representado um dos dispositivos atualmente disponíveis no mercado.



**Figura 2.3.-** Produto 1 (vista 1) (<https://www.performancehealth.com>)



**Figura 2.4.-** Produto 1 (vista 2) (<https://www.performancehealth.com>)

Este dispositivo é constituído por duas peças distintas, intercaladas entre si, com uma ranhura para que a chave, após ser inserida neste mecanismo, possa entrar na fechadura.

As vantagens deste mecanismo assentam, essencialmente, numa facilitação do utilizador em manipular a chave ao aumentar a área de contacto entre o utilizador e o objeto, permitindo, assim, utilizar uma chave com mais facilidade. Adicionalmente, as dimensões reduzidas do produto também constituem uma característica vantajosa, resultando num mecanismo leve e facilmente portátil.

No que diz respeito às desvantagens deste produto, é possível incluir a forma como o utilizador pega neste mecanismo, isto é, através do *grip* do tipo “*pinch*”. Esta forma de *grip* pode revelar-se bastante complexa para pessoas com uma mobilidade reduzida e enfraquecimento muscular da mão. Suplementarmente, este mecanismo só permite armazenar uma chave de cada vez, sendo necessário abrir as duas partes para substituir a chave. Por fim, devido à simplicidade deste produto, que só serve como uma plataforma para fazer rodar a chave, este só pode ser utilizado por pessoas que consigam efetuar a rotação necessária para abrir ou fechar a fechadura de uma só vez. Para pessoas com dificuldade em realizar este movimento através de uma rotação singular e que, portanto, necessitem de o realizar através de sucessivas tentativas, este produto revela-se inadequado.

### 2.3.2. Produto 2

Representado nas figuras 2.6. e 2.7., está outro dos dispositivos atualmente disponíveis no mercado.



**Figura 2.5.-** Produto 2 (vista 1) ( <https://www.healthproductsforyou.com>)



**Figura 2.6.-** Produto 2 (vista 2) ( <https://www.healthproductsforyou.com>)

Novamente, a finalidade deste mecanismo é a mesma que a do apresentado anteriormente, no entanto, este possui uma geometria diferente, o que lhe permite ter um impacto direto na forma de utilização.

Primeiramente, é possível observar que este mecanismo é constituído por três peças distintas. A de maior dimensão, é uma espécie de cabo para permitir ao utilizador segurar firmemente no mecanismo, tendo uma das suas extremidades ranhuradas para que seja possível inserir várias chaves diferentes. A segunda peça, situada na parte lateral do dispositivo, permite ao utilizador apertar e desapertar um parafuso, sendo este a terceira peça,

responsável por manter as chaves acopladas ao cabo do mecanismo e por manter a chave desejada numa posição fixa para que seja inserida na fechadura.

Relativamente às ilações possíveis de retirar, este segundo produto, contrastando com o primeiro representado, permite armazenar diferentes chaves de diversos tamanhos diferentes. Cabe ao utilizador, apertar e desapertar o parafuso consoante a chave que queira utilizar. Adicionalmente, o formato deste dispositivo permite ao utilizador um *grip* mais firme, reduzindo-se o esforço necessário para fazer rodar a chave.

No que diz respeito às desvantagens deste mecanismo, é possível identificar uma, análoga à do primeiro representado, ou seja, o facto deste dispositivo só poder ser utilizado por pessoas que consigam efectuar um movimento de rotação completo, suficiente para completar o ciclo de abrir ou trancar a fechadura de uma porta.

## **2.4. Necessidade de inovação**

Devido à escassez de opções no mercado atual para auxiliar pessoas afetadas com os problemas apresentados, a criação de um novo produto é essencial e necessária.

Com o intuito de ser um produto competitivo, é necessário atingir as mesmas propriedades vantajosas dos produtos atualmente existentes, nomeadamente leveza, portabilidade e utilização simples e prática.

Complementarmente, existe a necessidade de contornar as desvantagens apresentadas anteriormente, com especial atenção para o movimento de rotação necessário a efetuar, de modo a obter um produto funcional, prático e, principalmente, aplicável para o maior número de lesados possível, independente do problema ou doença da qual o utilizador é portador.

## **2.5. Impressão 3D**

Durante a produção dos diversos dispositivos criados no âmbito desta dissertação, a impressão 3D assumiu um papel de extrema relevância. Sendo assim, é justificada a presença de uma secção onde seja possível compreender mais detalhadamente todo o processo envolvente à impressão 3D, assim como quais as principais vantagens para se ter utilizado esta forma de produção.

Uma impressora 3D é, citando um excerto do livro *Fabricated: The New World of 3D Printing* [21], é uma máquina capaz de fazer tudo, sendo, portanto, uma máquina de elevada versatilidade no que diz respeito à produção das mais variadas peças com formas simples ou complexas.

Este processo de produção é um dos avanços tecnológicos mais relevantes nos últimos anos [22]), sendo possível destacar, primeiramente, uma diferença no que diz respeito à obtenção da peça pretendida. Ao invés do que acontece noutros processos mecânicos onde é necessário alterar o estado físico do material, como a fundição de materiais para serem inseridos em moldes, ou se aplica deformação plástica para chegar atingir os parâmetros geométricos pretendidos, a impressão 3D permite produzir peças com uma complexidade elevada através da deposição por camadas de material, sendo, por isso, apelidada de manufatura aditiva .

Adicionalmente, este processo de produção traduz-se numa operação rápida e economicamente vantajosa em comparação com outros tipos de processos. Uma vez que o material utilizado em impressão 3D é, geralmente, plástico, para além de ser um material mais barato, as peças obtidas são mais leves, no entanto possuem uma resistência mecânica reduzida.

### **3. METODOLOGIA**

No presente capítulo, a metodologia inerente a todo o processo de criação do dispositivo será apresentada.

Primeiramente, serão apresentadas a idealização e conceção dos componentes comuns aos diferentes dispositivos obtidos.

De seguida, abordar-se-ão, cronologicamente e detalhadamente, os diferentes produtos, desde o primeiro ao último, analisando criticamente cada um deles e justificando a razão para se ter criado mais do que um produto.

#### **3.1. Idealização e Conceção**

Na secção 2.3., os produtos atualmente disponíveis no mercado foram apresentados. Nesta secção foi possível realizar uma análise crítica desses mecanismos, destacando os seus inconvenientes.

Assim, com o intuito de facilitar a utilização deste dispositivo por parte do lesado, de uma forma análoga ao segundo mecanismo apresentado no capítulo dois, optou-se por utilizar uma espécie de cabo, de geometria cilíndrica, de forma a conferir ao utilizador um controlo total, consequência direta da elevada área de contacto entre os dedos e o cilindro.

Após a geometria da base estar definida, foi necessário implementar e idealizar os restantes componentes para o funcionamento do mecanismo.

De referir, que foram criados vários dispositivos diferentes, devido à necessidade de melhorar e corrigir cada produto obtido, tendo-se chegado a um terceiro produto e, por sua vez, último. No entanto, estes três dispositivos criados têm componentes em comum, os quais se encontram apresentados nas secções seguintes.

### **3.1.1. Componentes**

Os dispositivos criados no âmbito desta dissertação têm em comum quatro componentes distintos: base cilíndrica; roquete; prolongador; peça metálica.

Até ao final do presente capítulo, as funções e processos de fabrico de cada componente serão apresentados, permitindo ao leitor compreender detalhadamente o modo de funcionamento do dispositivo apresentado.

#### **3.1.1.1. Base cilíndrica**

Este componente é a base do mecanismo, ou seja, é o que permite ao utilizador manusear e agarrar o dispositivo completo.

Visando facilitar essa tarefa, optou-se por criar um cilindro, de 10 cm de diâmetro e 100 cm de altura. Desta forma, o tipo de grip torna-se ideal para permitir ao utilizador controlar e agarrar firmemente o dispositivo. Para obter esta peça, optou-se por utilizar o programa *Autodesk Inventor* para criar o desenho 3D deste componente.

Posteriormente, um ficheiro .stl foi criado para que a extrusão da base fosse possível através de uma impressora 3D.

Cada um dos dispositivos criados possui uma base cilíndrica com as dimensões apresentadas, no entanto, e como posteriormente explicado, este componente difere em cada um dos protótipos relativamente a certos detalhes.

#### **3.1.1.2. Roquete**

O roquete é o segundo componente comum aos diferentes dispositivos e, possivelmente, o mais importante, devido ao seu carácter inovador.

Uma das desvantagens apresentadas dos produtos era o facto do utilizador ter de conseguir efetuar o movimento de rotação necessário para abrir ou fechar a porta de uma só vez. Assim, através desta ferramenta, a rotação de um objeto pode ser feita através de tentativas sucessivas, sendo esta a razão fundamental para implementação deste componente.

Devido à necessidade de o dispositivo ser leve e de dimensões reduzidas, optou-se por escolher um roquete de pequenas dimensões. O roquete possui uma patilha numa das partes laterais, responsável por alterar o sentido de rotação, semelhantemente ao roquete representado na figura 3.1. Para além disso, existe um orifício para se inserir peças

sextavadas, tendo esta característica sido relevante aquando da criação do prolongador, como é possível constatar na secção seguinte.



Figura 3.1.- Exemplo de roquete (<https://ferramentas.pt>)

### 3.1.1.3. Prolongador

Este terceiro componente tem como função conferir uma distância suficiente entre os dedos e a peça metálica, para que não haja interferência nem desconforto aquando da rotação deste último componente.

Esta peça possui duas extremidades, uma macho, sextavada, para que seja possível inserir no orifício do roquete, e uma fêmea, com uma extremidade circular e um orifício sextavado para encaixar a peça metálica.

Semelhantemente à base cilíndrica, o prolongador também foi desenhado através do programa *Autodesk Inventor* e, posteriormente, obtido através de uma impressora 3D.

As figuras 3.2. e 3.3. representam, respetivamente, o desenho 3D final do prolongador e o produto final obtido:

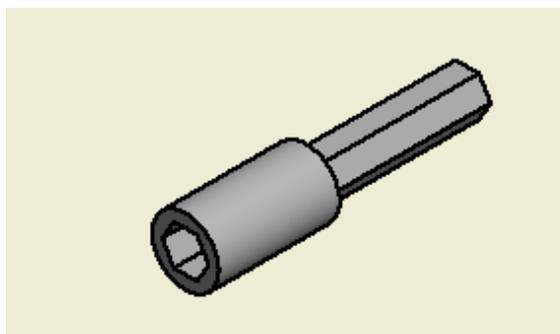
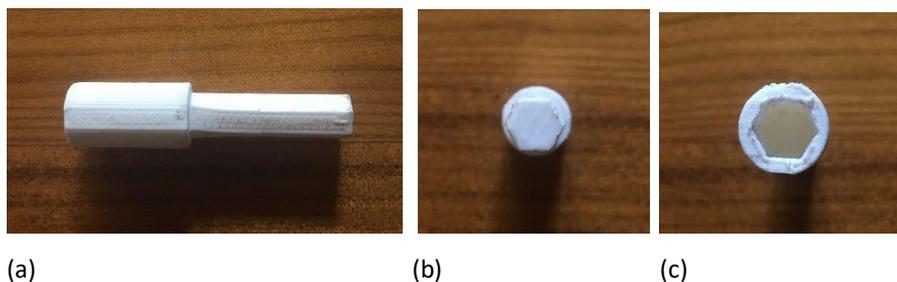


Figura 3.2.- Desenho 3D do prolongador

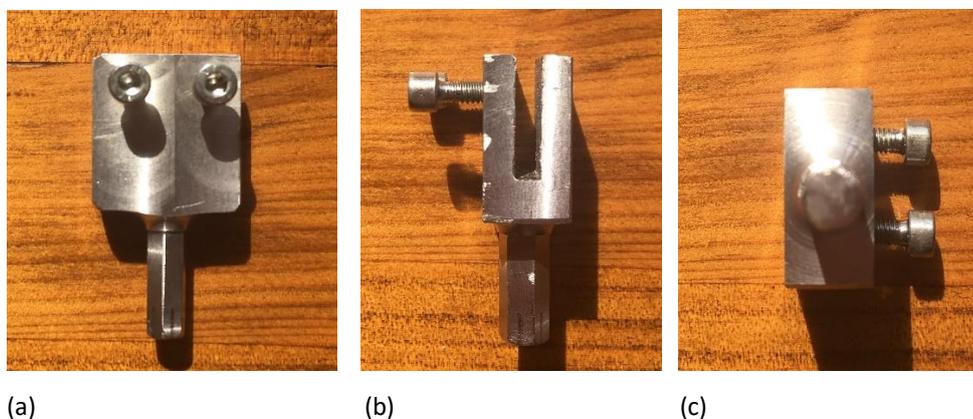


**Figura 3.3.-** Prolongador: (a) vista lateral; (b) vista frontal; (c) vista posterior

#### 3.1.1.4. Peça metálica

Em relação ao quarto componente, ao invés dos restantes que necessitaram de ser criados, este não foi obtido através de uma impressora 3D. Devido à necessidade desta peça ter uma resistência mecânica mais elevada, uma vez que este componente é responsável por segurar a chave numa posição fixa, tendo apenas um grau de liberdade, a rotação em torno do seu eixo longitudinal, optou-se por criar esta peça em metal, mais concretamente em alumínio.

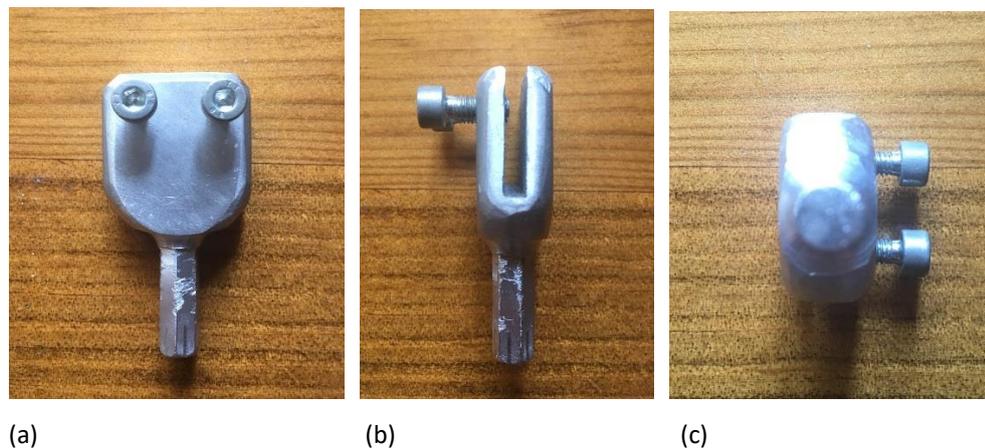
A figura 3.4., a peça no seu estado primitivo está representada.



**Figura 3.4.-** Peça metálica em estado primitivo: (a) vista frontal; (b) vista lateral; (c) vista de baixo

Esta peça possui uma extremidade sextavada para ser inserida no prolongador. Para além disso, é possível observar uma ranhura para se inserir a chave pretendida. A chave é mantida em posição através de dois parafusos justificando-se a presença de dois furos na parte lateral da peça.

De referir, que esta peça obtida possuía várias arestas vivas. Para eliminar estas arestas e conferir um melhor acabamento à peça, utilizou-se uma lima e uma lixa para polir a peça. A peça final está representada na figura 3.5.



**Figura 3.5.-** Peça metálica no estado final: (a) vista frontal; (b) vista lateral; (c) vista de baixo

O conjunto destes quatro últimos componentes, representado na figura 3.6., permite rodar livremente a chave numa só direção, permitindo ao utilizador completar o ciclo necessário para desbloquear a fechadura através de tentativas sucessivas.



**Figura 3.6.-** Conjunto dos componentes: base cilíndrica-roquete-prolongador-peça metálica

É possível verificar que, com este layout, o eixo longitudinal da chave permanece perpendicular ao eixo longitudinal do roquete. Esta disposição dos componentes

permite reduzir o esforço do utilizador, uma vez que a mão, com os dedos fechados, se mantém numa posição natural, sendo apenas necessária a rotação do pulso para provocar a rotação da chave.

## 3.2. Produtos criados

Tal como concluído em 3.1., foi necessário criar vários dispositivos diferentes. Os produtos obtidos encontram-se expostos nas secções seguintes.

Na parte final correspondente a cada sub-secção é feita uma análise crítica a cada dispositivo, justificando a necessidade de efetuar sucessivas melhorias até se chegar ao produto final.

### 3.2.1. Primeiro Produto

O primeiro produto obtido encontra-se representado na figura 3.7.



**Figura 3.7.-** Primeiro produto: (a) vista frontal; (b)

Inicialmente, detetou-se um problema aquando da inserção do roquete no cilindro, tendo sido necessário desbastar parte do cilindro para facilitar esse encaixe.

Para tal, utilizou-se um esmeril de pequenas dimensões inserido num berbequim, sendo possível retirar pequenas quantidades de material de uma forma precisa e cuidada. Na figura 3.8. é possível detetar os vestígios resultantes desse desbaste.



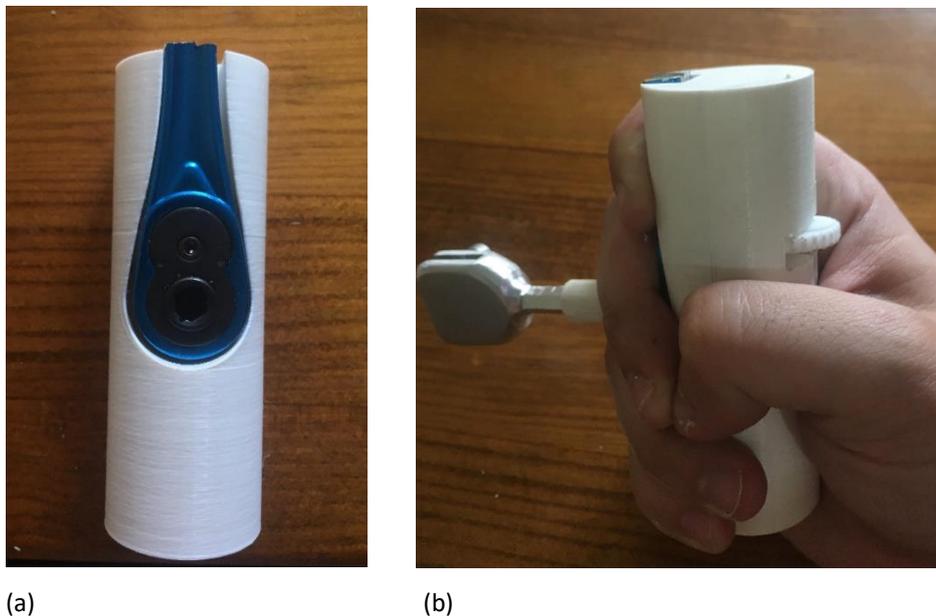
**Figura 3.8.**- 1ª base cilíndrica após desbaste

Este primeiro dispositivo serviu de teste para verificar a confortabilidade do utilizador ao segurar no cilindro, assim como a sua funcionalidade como plataforma auxiliar para abrir e fechar uma porta. Tendo estas sido verificadas, deu-se início à resolução do problema seguinte, ou seja, a necessidade de instalar um mecanismo que permitisse alterar o sentido de rotação no roquete.

Como a patilha responsável pelo sentido de rotação se encontra do lado oposto da face do roquete exposta ao exterior, foi necessário criar outra base cilíndrica com uma geometria apropriada para a resolução deste problema.

### 3.2.2. Segundo Produto

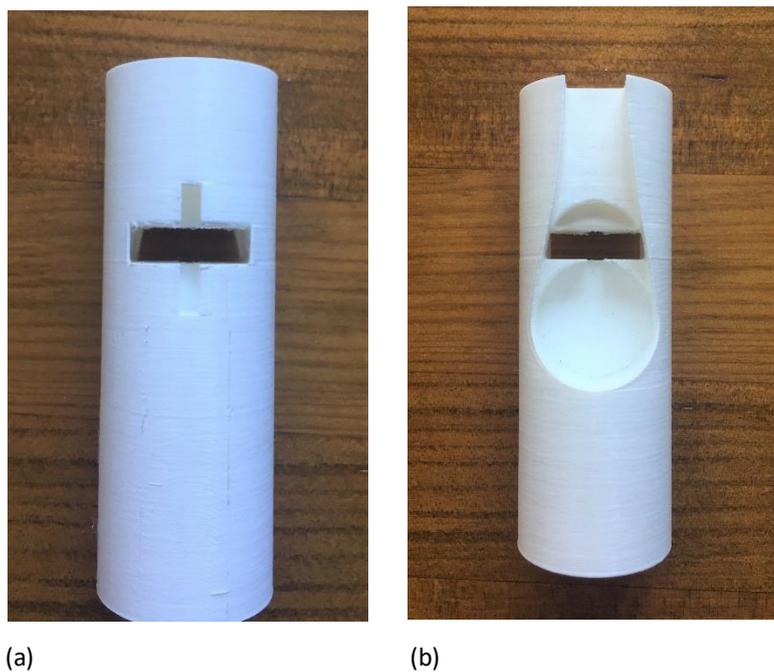
Na figura 3.9. encontra-se representado o segundo produto obtido. (cil branco e roquete).



**Figura 3.9.-** Segundo produto: (a) vista frontal; (b)

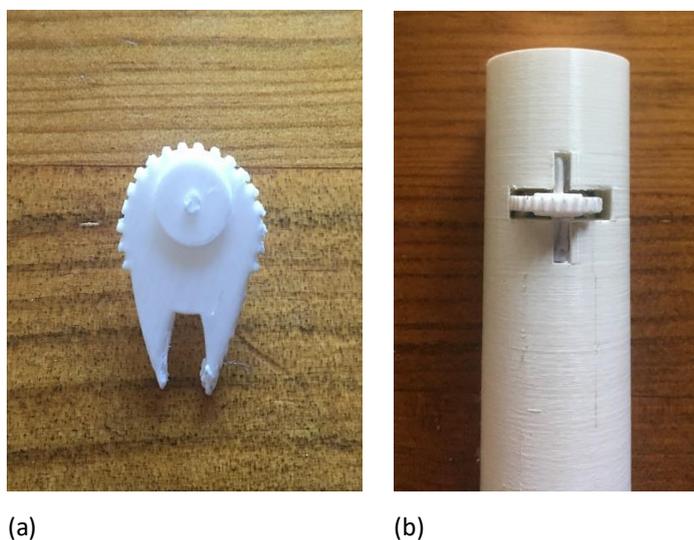
Na criação desta segunda base cilíndrica, as dimensões da área onde o roquete seria inserido foram corrigidas, não sendo necessário efetuar nenhum tipo de desbaste semelhante ao caso do primeiro produto.

Com o intuito de permitir ao utilizador mudar o sentido da rotação no roquete, conforme a sua vontade, foi idealizada uma espécie de roda dentada pivotada, que ao rodar no interior do cilindro, permitiria mover a patilha do roquete. Sendo assim, é possível verificar nas figuras 3.10. uma ranhura no cilindro, deixando a patilha do roquete exposta e onde foi possível inserir a referida roda.



**Figura 3.10.-** 2ª base cilíndrica: (a) vista posterior; (b) vista frontal

Na figura 3.11. é possível observar a roda pivotada e o conjunto cilindro-roda, respectivamente.



**Figura 3.11.-** (a) Roda pivotada; (b) Conjunto cilindro-roda

Como é possível verificar, esta roda possui um pivot para que a rotação num só plano seja possível. Além disso, também possui dentes com intuito de aumentar o atrito no

contacto dedo-roda, facilitando a sua rotação. Por fim, incorporado na roda, encontra-se uma espécie de gancho, para permitir segurar e, conseqüentemente, mover a patilha do roquete.

Este segundo produto obtido cumpriu os requisitos estabelecidos, ou seja, verificou-se a sua utilidade como plataforma auxiliar para abrir ou fechar uma porta, semelhantemente ao primeiro dispositivo criado, e, adicionalmente, verificou-se que o sistema de alteração do sentido de rotação da chave através da roda dentada criada funcionava, ainda que com algumas limitações. Inicialmente, idealizou-se a roda com o intuito de a fazer mover facilmente com um só dedo, no entanto, tal não se verificou, sendo necessário utilizar, no mínimo, dois dedos (polegar+indicador) para efetuar esse movimento.

Como este dispositivo se destina a pessoas com a mobilidade e funcionalidade da mão condicionadas, concluiu-se que seria necessário fazer um terceiro dispositivo de modo a corrigir este problema.

### 3.2.3. Terceiro Produto

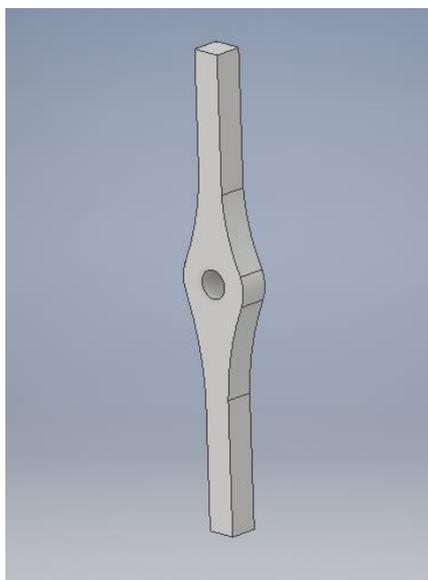
Representado na figura 3.12., encontra-se representado o novo mecanismo de mudança de sentido de rotação, presente no terceiro produto.



**Figura 3.12.-** Conjunto do terceiro produto: base cilíndrica-alternador de sentido-roda

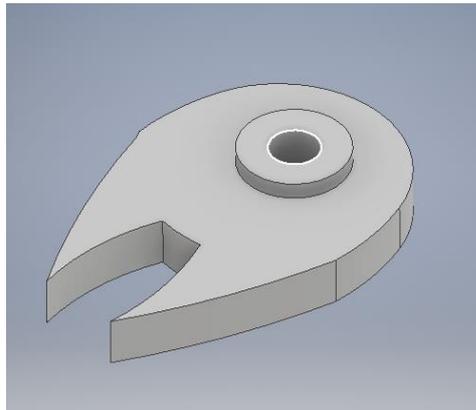
Este terceiro dispositivo, para além de ter a sua base com diferenças significativas em relação ao segundo representado, tem também outros dois componentes diferentes.

Assim como foi concluído em 3.2.2., o mecanismo instalado para alterar o sistema de rotação da chave poderia revelar-se um problema para pessoas com a mobilidade da mão mais afectada. Sendo assim, a principal diferença neste terceiro produto recai sobre esse mesmo mecanismo.



**Figura 3.13.-** Alternador de sentido

Foi introduzida uma nova peça, denominada como alterador de sentido, representada, através do seu desenho 3D, na figura 3.12., que permite alterar o sentido de rotação ao ser movida na parte superior do cilindro. Esta peça encontra-se aparafusada ao roquete, estando ambos presos ao cilindro através do mesmo parafuso. Este, por sua vez, serve como eixo de rotação para a nova peça, que ao ser manipulada na extremidade superior, faz mover uma roda semelhante à presente no segundo produto. Esta roda, no entanto, não possui dentes, uma vez que não existe contacto directo entre esta e o utilizador, nem possui um pivot como é possível verificar através da figura 3.13.



**Figura 3.14.-** Roda final

Através dessa mesma figura, é possível observar que a roda possui um orifício, onde foi inserido um pivot, que por sua vez foi inserido na parte inferior do cilindro, para que a roda se mantivesse fixa no mesmo plano, sendo apenas possível efectuar a sua rotação.

Sendo assim, com este novo dispositivo, o utilizador pode manipular o alterador de sentido, empurrando-o para um lado ou para o outro. Este, por sua vez, tendo uma das extremidades no meio do gancho da roda, move a roda, fazendo mover a patilha.

## **4. AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO CRIADO**

Com o intuito de se obter uma avaliação do produto criado, de forma a determinar a sua viabilidade e a sua utilidade no que diz respeito à sua função e forma de atuar, foi criado um questionário para que profissionais de saúde, nomeadamente fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais, pudessem expressar o seu grau de concordância.

A apresentação do dispositivo foi feita presencialmente por parte do autor, onde foi possível explicar a razão por detrás da criação deste mecanismo, assim como a sua forma de atuar.

Após a apresentação, foi feita uma demonstração do dispositivo, por parte do autor, de forma a demonstrar a sua funcionalidade.

Seguidamente, foi permitido a cada questionado que manipulasse o dispositivo, de forma a analisar as suas características e a obter uma opinião mais sólida.

Por fim, foi solicitado aos profissionais de saúde contactados, o preenchimento do questionário criado, de forma a obter uma avaliação do dispositivo criado.

### **4.1. Grupo de questionados**

Tal como referido no capítulo quatro, o questionário foi feito a um grupo de profissionais de saúde, nomeadamente, fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais.

No total, foram obtidos dezassete questionários respondidos, catorze dos quais foram preenchidos por fisioterapeutas, tendo os restantes quatro sido preenchidos por terapeutas ocupacionais.

A média de anos de experiência na área de reabilitação médica do conjunto de questionados assenta, sensivelmente, nos dez anos, tendo sido verificado que o elemento do grupo mais experiente possui trinta e nove anos de experiência, sendo que o elemento do grupo menos experiente possui dois anos de experiência nesta área de trabalho.

## 4.2. Questionário realizado

O questionário criado consistiu num conjunto de sete questões e teve por base um sistema de classificação *Likert*, ou seja, um sistema onde a pessoa questionada tem uma escala simétrica de concordância constituída por sete opções, sendo que a cada uma destas opções foi atribuído um valor numérico específico.

Após a realização dos questionários, as ilações retiradas a cada uma das sete afirmações, foram possíveis após a soma de cada valor numérico atribuído por parte dos questionados, seguido da respetiva média desses valores, de forma a analisar cada afirmação individualmente, assim como através de uma análise estatística. Neste caso em concreto, as sete opções de resposta para cada uma das afirmações presentes foram:

- Discordo totalmente (DT): O questionado discorda completamente da afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 1.
- Discordo (D): O questionado discorda da afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 2.
- Discordo parcialmente (DP): O questionado discorda da afirmação feita, na sua globalidade, no entanto expressa algum tipo de concordância em determinados aspetos. A esta opção foi atribuído o valor numérico 3.
- Indeciso (I): O questionado não tem o conhecimento necessário para expressar a sua opinião, ou verifica alguma ambiguidade na afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 4.
- Concordo parcialmente (CP): O questionado concorda com a afirmação feita, na sua globalidade, no entanto expressa algum tipo de discordância em determinados aspetos. A esta opção foi atribuído o valor numérico 5.
- Concordo (C): O questionado concorda com a afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 6.
- Concordo totalmente (CT): O questionado concorda completamente com a afirmação feita. A esta opção foi atribuído o valor numérico 7.

Após o preenchimento do questionário, foi permitido ao questionado que fizesse as observações desejadas, de forma a justificar as suas respostas ou caso pretendesse manifestar uma opinião mais concreta acerca do dispositivo criado.

## **5. EXPOSIÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS**

A primeira questão ou afirmação à qual foi pedido o grau de concordância do profissional questionado foi: “O dispositivo é fácil de utilizar.”. Para determinar o grau de facilidade em utilizar o dispositivo foi feita esta afirmação para averiguar a opinião de cada um dos profissionais questionados.

Neste capítulo, o leitor pode analisar e verificar os resultados obtidos após o preenchimento do questionário por parte dos profissionais de saúde referidos.

As subsecções presentes neste capítulo, encontram-se dispostas por uma ordem em conformidade com a estrutura do questionário, como é possível verificar no anexo A.

Na parte final deste capítulo, as observações feitas pelos inquiridos são expostas, de forma a compreender algumas das suas opiniões durante o questionário.

### **5.1. Primeira questão**

A primeira questão ou afirmação à qual foi pedido o grau de concordância do profissional questionado foi: “O dispositivo é fácil de utilizar.”. Para determinar o grau de facilidade em utilizar o dispositivo foi feita esta afirmação para averiguar a opinião de cada um dos profissionais questionados.

Os gráficos seguintes representam as respostas dadas pelos dezassete profissionais questionados.

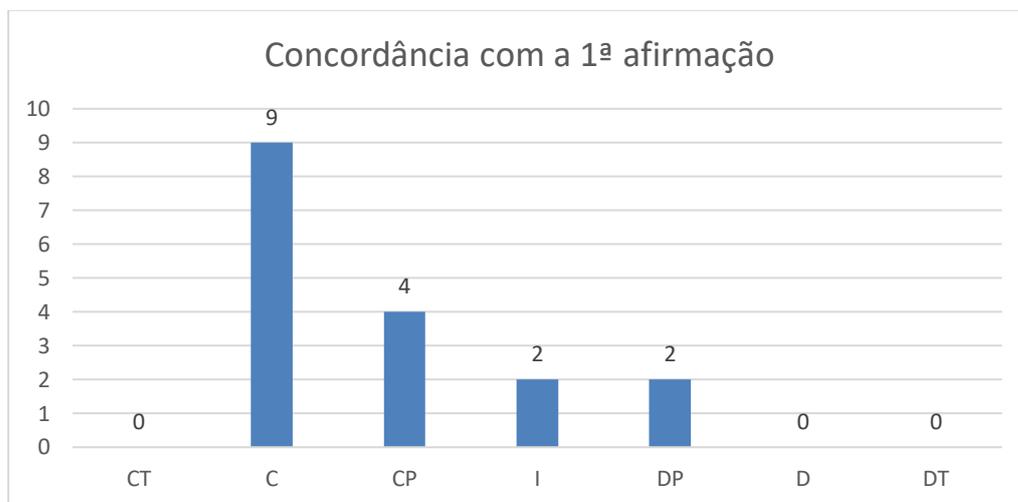


Figura 5.1.- Concordância com a 1ª afirmação



Figura 5.2.- Concordância com a 1ª afirmação em percentagem

Através da análise dos gráficos, é possível verificar que a grande maioria dos profissionais concordou com a primeira afirmação. A percentagem de concordância, no que diz respeito a esta afirmação, foi de 77 %.

Adicionalmente, e tendo em conta a escala numérica atribuída e explicada na secção 4.2., a média correspondente a esta questão foi de 5,2, o que reforça a já existente ideia de concordância.

## 5.2. Segunda questão

A segunda questão foi: “O dispositivo funcionou sem limitações.”. Esta segunda afirmação foi feita para verificar se, na opinião do questionado, o dispositivo funcionou sem limitações, ou seja, se não se verificaram entraves ao seu funcionamento que pudessem condicionar a sua utilização.

Os gráficos seguintes representam as respostas dadas pelos dezassete profissionais questionados.

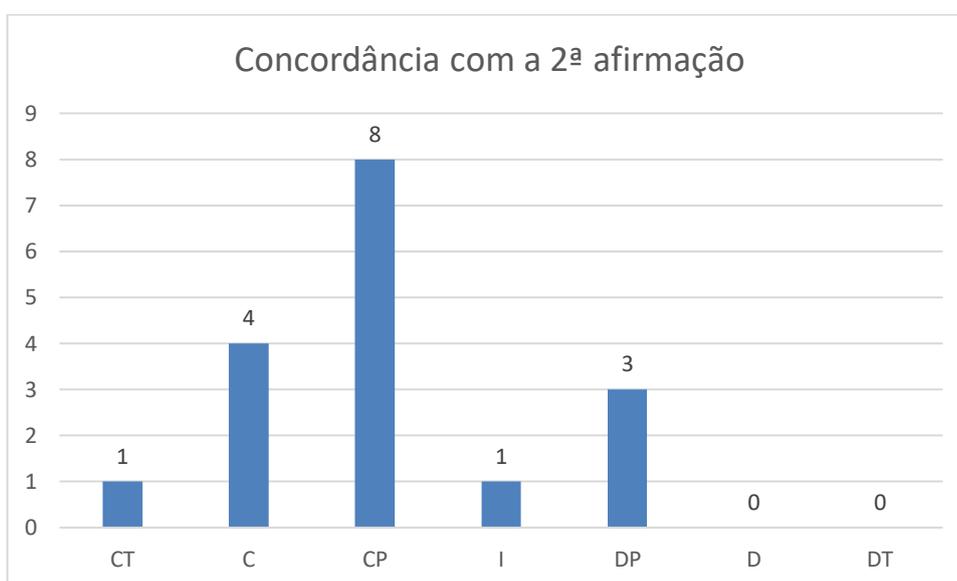
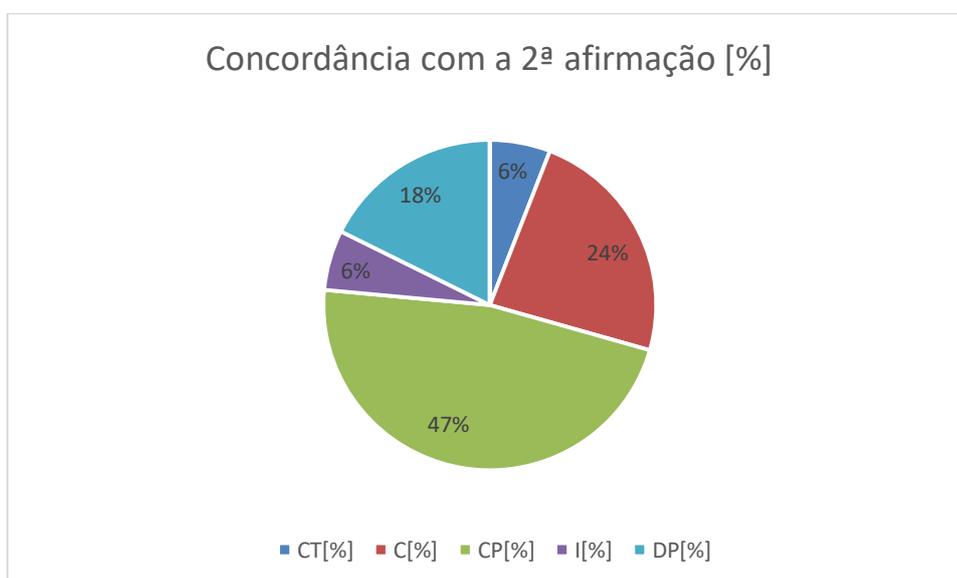


Figura 5.3.- Concordância com a 2ª afirmação



**Figura 5.4.-** Concordância com a 2ª afirmação em percentagem

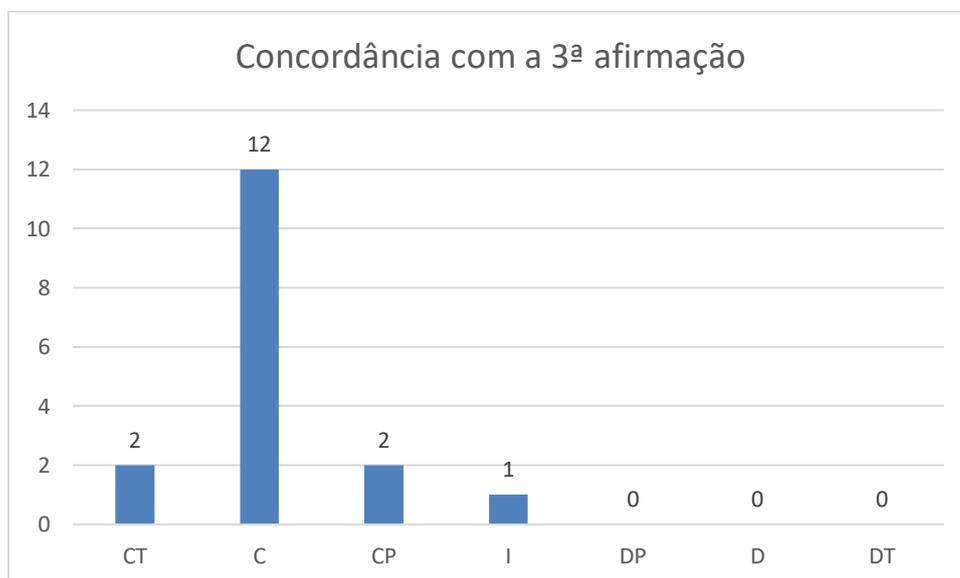
A maioria do conjunto de profissionais concordou parcialmente esta afirmação. Apesar de cerca de 77% dos questionados concordarem com esta afirmação, é necessário referir que três questionados discordaram parcialmente, resultando numa percentagem de discordância de 18%.

Tendo em conta a escala numérica, a média correspondente a esta questão foi de 4,9, muito próxima do valor atribuído à opinião “concordo parcialmente” (“CP”), ou seja, de 5.

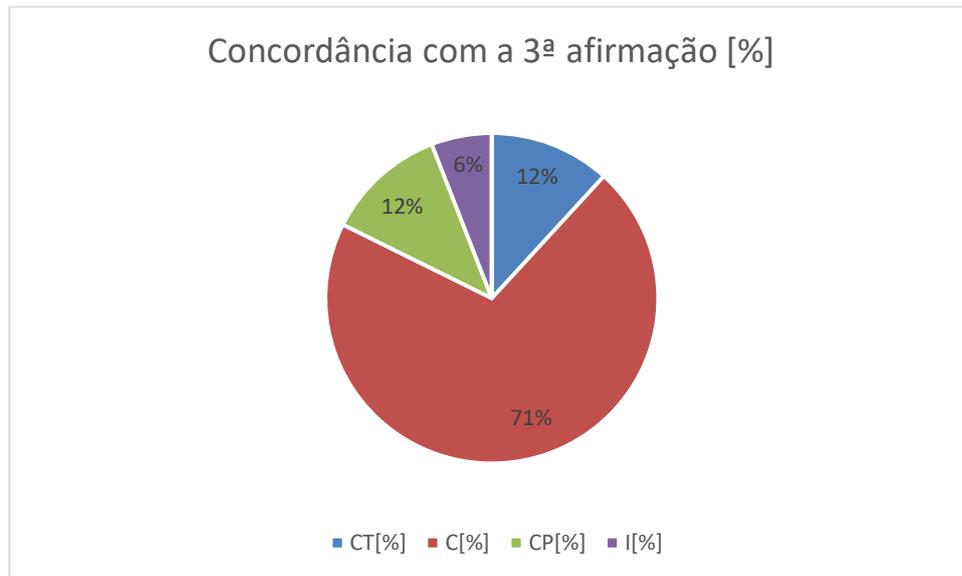
### 5.3. Terceira questão

A terceira questão foi: “O dispositivo realizou o que era suposto.”. Com vista em determinar a funcionalidade do dispositivo, foi feita esta 4ª afirmação.

Novamente, os gráficos seguintes representa as respostas dadas pelos dezassete profissionais questionados.



**Figura 5.5.-** Concordância com a 3ª afirmação



**Figura 5.6.-** Concordância com a 3ª afirmação em percentagem

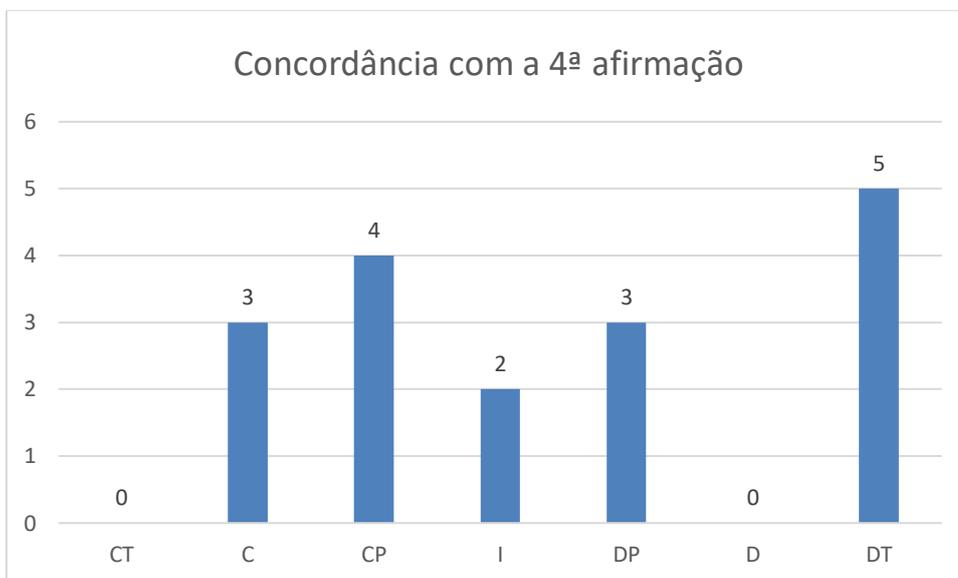
Como é possível concluir através dos gráficos representados, o conjunto de profissionais questionados concluiu, quase por unanimidade, que o dispositivo realizou o que era suposto, verificando-se que apenas um dos questionados mostrou-se indeciso perante esta afirmação. A percentagem de concordância ronda os 95%, sendo este um dos pontos mais positivos do questionário.

A média obtida relativamente a esta afirmação foi 5,9, tendo sido a mais elevada e a mais próxima do valor atribuído à opinião “concordo” (“C”), ou seja, de 6.

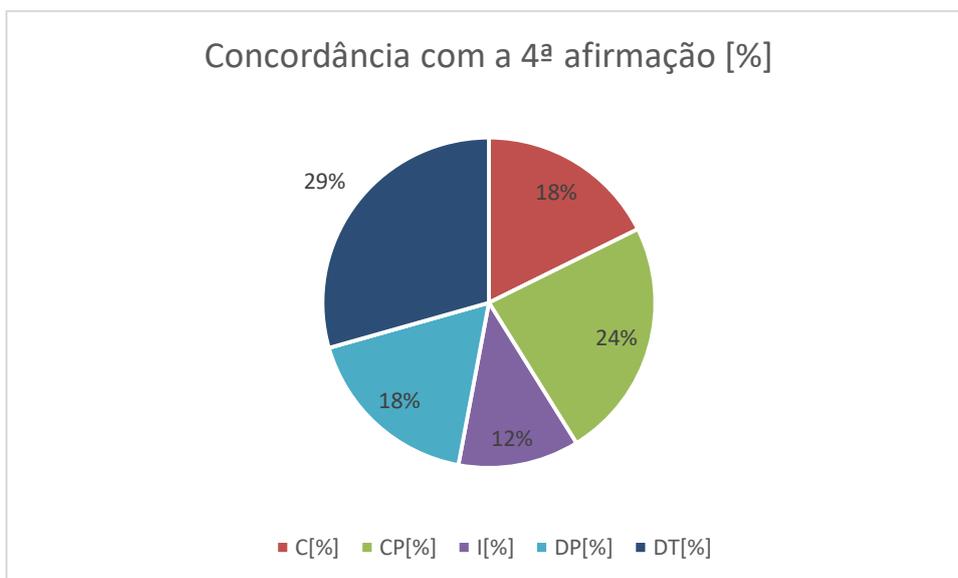
#### 5.4. Quarta questão

O quarto ponto em que se pedia a opinião dos questionados foi: “Conheço outros dispositivos semelhantes disponibilizados no mercado.”. Com o intuito de retirar ilações acerca do carácter inovador do dispositivo criado, foi feita esta quarta afirmação para que os profissionais pudessem expressar a sua opinião.

Analogamente às afirmações anteriores, os gráficos seguintes representam as opiniões dos profissionais.



**Figura 5.7.-** Concordância com a 4ª afirmação



**Figura 5.8.-** Concordância com a 4ª afirmação

Relativamente a esta 4ª questão, observou-se uma maior disparidade no que diz respeito às opiniões dos dezassete profissionais inquiridos. Cerca de 47% do conjunto de profissionais mostrou-se em discordância com esta afirmação, cerca de 42% concordaram com este quarto ponto e 12% expressaram a sua indecisão.

Tal como referido pelo autor, na secção 2.4., respectiva à necessidade de inovação deste tipo de produtos, existe uma escassez de opções no mercado atual, sendo essa

afirmação reforçada pela opinião de sensivelmente metade dos profissionais de saúde questionados.

No que diz respeito à média obtida, esta revelou ser a mais baixa, assentando no valor de 3,5.

## 5.5. Quinta questão

A quinta afirmação presente no questionário foi: “Este dispositivo tem interesse para disfunções associadas ao movimento da mão.”. Este ponto procurou determinar a utilidade do aparelho criado, com base na opinião dos questionados.

Os gráficos seguintes representam os resultados obtidos através do questionário solicitado.

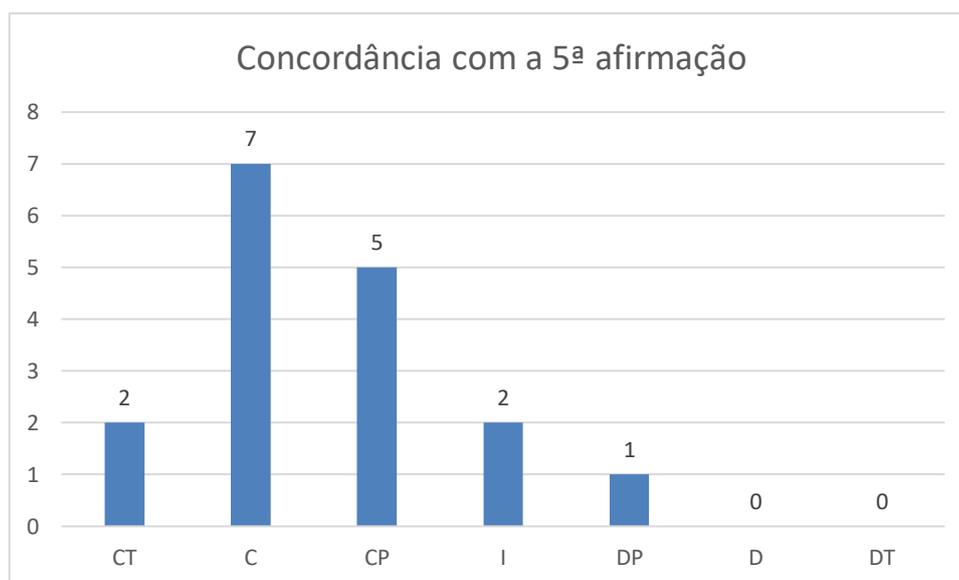
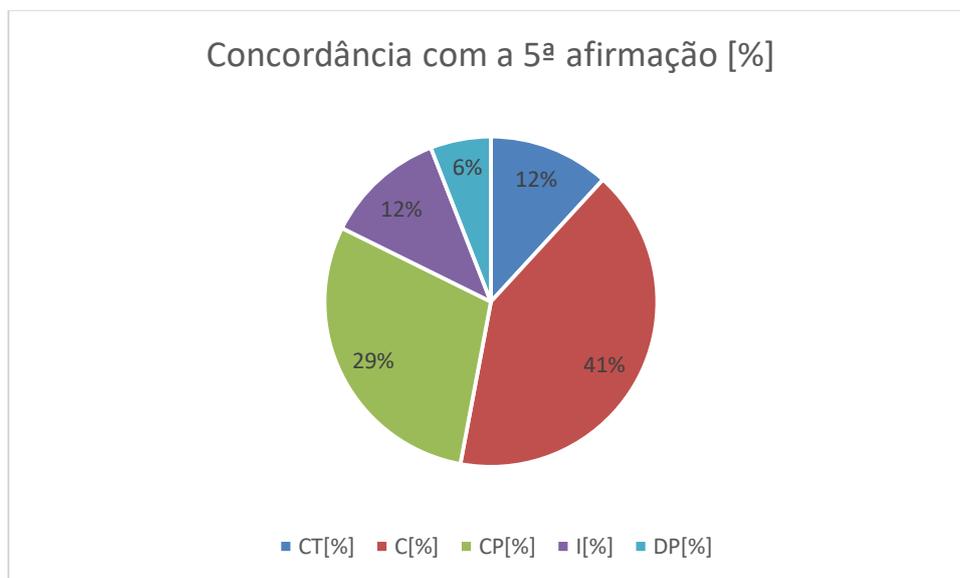


Figura 5.9.- Concordância com a 5ª afirmação



**Figura 5.10.-** Concordância com a 5ª afirmação em percentagem

No que diz respeito à média obtida, esta revelou ser a mais baixa, assentando no valor de 3,5.

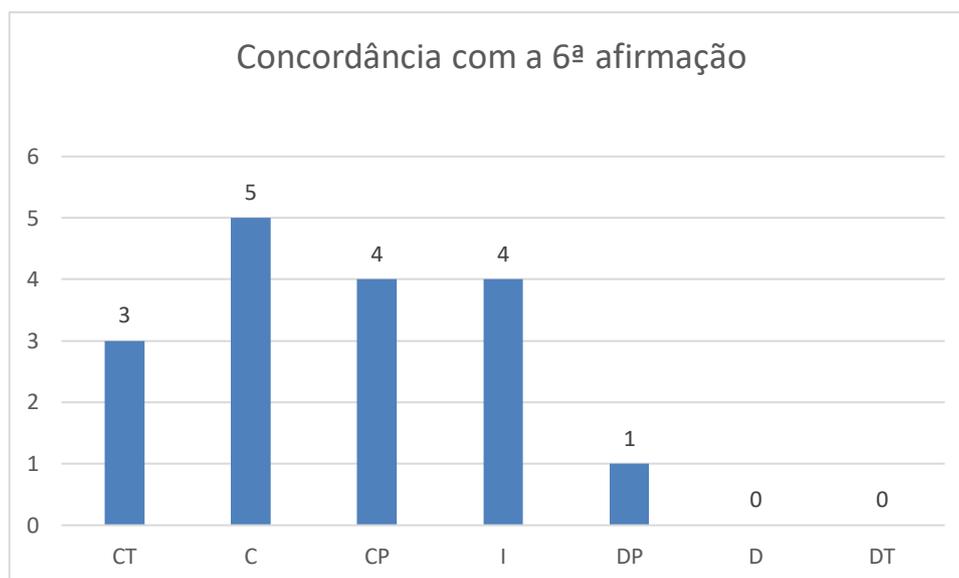
No que diz respeito a este 5º ponto, é possível observar uma grande percentagem de concordância por parte dos questionados. Cerca de 82% do conjunto de profissionais concordou com a afirmação, sendo possível referir que dois deles demonstraram que concordavam totalmente.

Em relação à média obtida através da escala numérica atribuída, esta obteve o valor de 5,4. Este valor encontra-se situado entre o 5 e o 6, correspondentes à opinião “concordo parcialmente” (“CP”) e “concordo” (“C”), respectivamente.

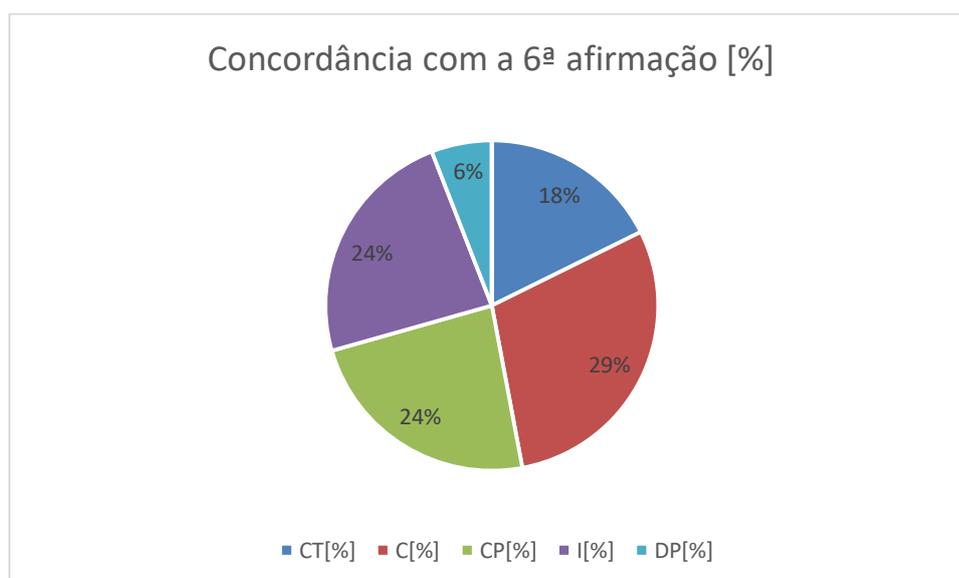
## 5.6. Sexta questão

Seguidamente, a sexta afirmação que foi feita foi: “O conceito do dispositivo é adaptado a outras aplicações e/ou limitações físico-motoras.”. Tendo em conta que o dispositivo criado visa auxiliar pessoas com uma mobilidade da mão reduzida, foi feita esta questão para determinar a possibilidade do dispositivo ser adaptado ou modificado para outro tipo de lesões nos membros, tal como uma mobilidade reduzida nos braços, ou para cumprir outro tipo de função sem ser a abertura e fecho de uma porta.

Os resultados obtidos estão representados nos gráficos seguintes.



**Figura 5.11.-** Concordância com a 6ª afirmação



**Figura 5.12.-** Concordância com a 6ª afirmação em percentagem

Novamente, observou-se que a maioria do grupo de inquiridos concordou com a afirmação feita. Sensivelmente 70% do conjunto concordou com a afirmação, sendo esta percentagem constituída por cinco profissionais que expressaram a opinião “concordo”, três concordaram totalmente e quatro concordaram parcialmente.

A média obtida da pontuação foi de 5,3, novamente situada entre o 5 e o 6, atribuídos a “concordo parcialmente” e “concordo”, respetivamente.

## 5.7. Sétima questão

Por fim, a última questão feita foi: “Recomendaria a utilização deste dispositivo.”. Neste ponto, foi determinado a opinião final do profissional questionado, tendo em conta todos os outros pontos referidos anteriormente.

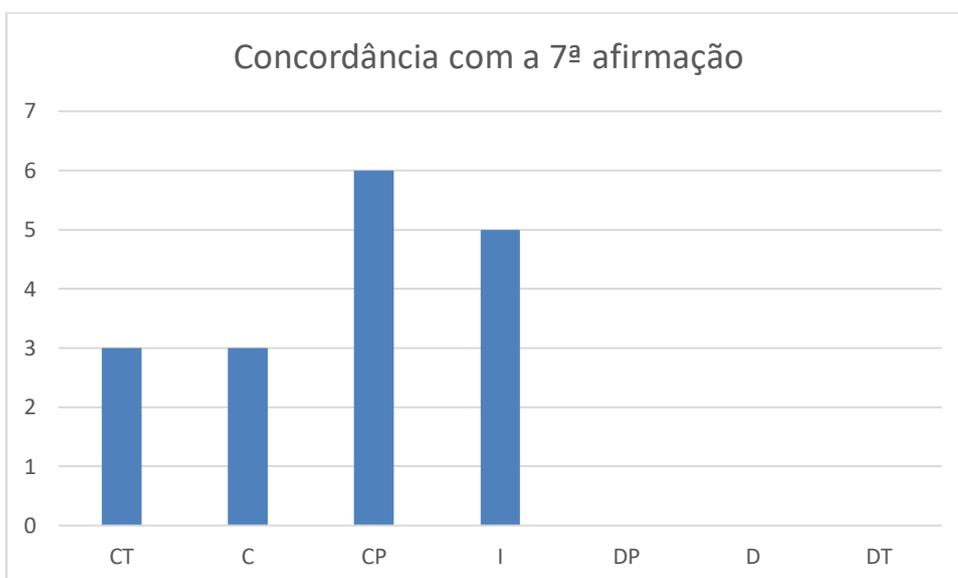


Figura 5.13.- Concordância com a 7ª afirmação

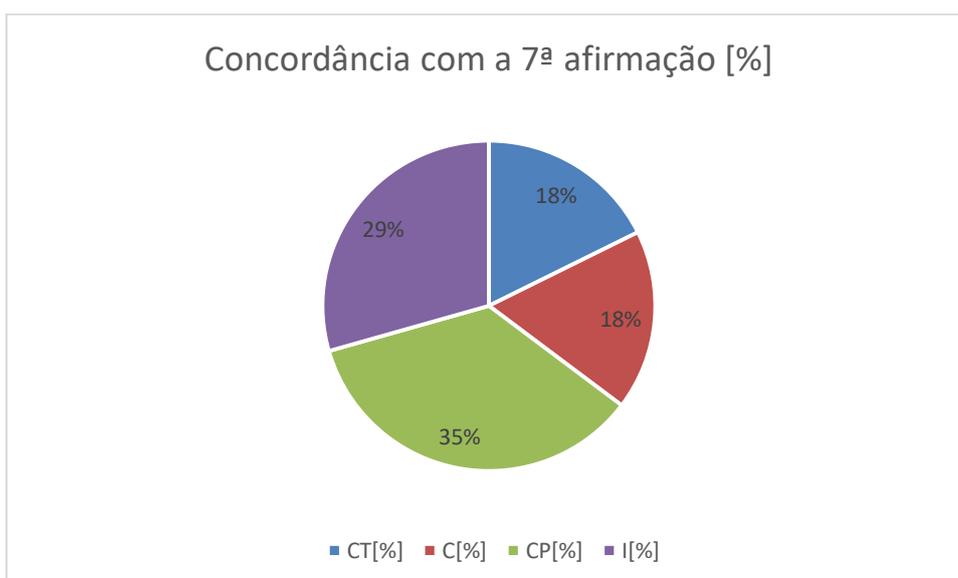


Figura 5.14.- Concordância com a 7ª afirmação em percentagem

Através dos gráficos representados, é possível verificar que nenhum dos profissionais questionados discordou da afirmação feita. No entanto, verifica-se que cerca de 30% do conjunto de inquiridos mostrou-se indeciso.

A média obtida foi de 5,2, muito próxima de 5, correspondente à opinião “concordo parcialmente.”, sendo afetada devido à percentagem elevada de inquiridos indecisos, precisamente.

## **5.8. Observações por parte dos inquiridos**

Na parte final do questionário, foi inserida uma secção para que o inquirido fizesse as observações que desejasse acerca do dispositivo criado.

Após a revisão destas observações por parte do autor, foi possível separá-las em observações a nível da geometria e do material do dispositivo, a nível do seu funcionamento e a nível da sua utilidade.

### **5.8.1. Observações a nível da geometria e do material**

A nível da geometria e do material do dispositivo, foram feitas observações relativamente aos diversos constituintes do mecanismo, nomeadamente ao alternador de sentido, à base cilíndrica e à peça metálica. Houve alguma concordância por parte dos profissionais inquiridos que o alternador de sentido deve ser melhorado, nomeadamente aumentar a sua largura e o seu material, de forma a tornar-se mais resistente. No que diz respeito à base cilíndrica, foi expressado a necessidade de esta ser melhorada a nível da sua geometria. Foi observado que a geometria atual da base, pode constituir um entrave à utilização do dispositivo, sendo necessário observar e adaptar o mecanismo caso a caso. Em relação à peça metálica, foi sugerido mudar a sua geometria para que possa ser adequada a qualquer tipo de chave. Atualmente, esta peça possui uma ranhura que pode revelar-se pequena demais para que chaves de maiores dimensões possam ser inseridas. Adicionalmente, a forma de aperto da chave pode, de igual modo, constituir um problema devido à necessidade de se apertar e desapertar os parafusos responsáveis por manter a chave fixa.

### **5.8.2. Observações a nível do funcionamento**

A nível do funcionamento do dispositivo, foi observado que, em certos casos, a rotação do pulso nos dois sentidos pode ser uma ação difícil de executar. Sendo assim, o dispositivo criado seria mais indicado caso só fosse necessário efetuar a rotação do pulso num só sentido, nomeadamente de fora para dentro, para efetuar as duas ações, ou seja, abrir e fechar a porta.

### **5.8.3. Observações a nível da utilidade**

Por fim a nível da utilidade do dispositivo, foi observado, principalmente, que o dispositivo criado, embora interessante, só seria indicado para condições patológicas ortopédicas e/ou reumatológicas. Assim sendo, este dispositivo pode ser difícil de utilizar em casos onde exista uma coordenação motora afetada.

Adicionalmente, foi destacado que para casos onde exista não só um défice motor, mas também um défice cognitivo, o dispositivo criado não é o mais indicado, devido à necessidade de compreender o seu funcionamento para o poder utilizar.

Por fim, pessoas portadoras de uma condição médica que impeça ou dificulte a rotação do pulso, não poderiam usufruir deste mecanismo, uma vez que a rotação do pulso é, atualmente, necessária. Por fim, este dispositivo pode, de igual modo, ser difícil de utilizar em casos onde exista uma coordenação motora afetada.

## 6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente e último capítulo desta dissertação apresenta as conclusões que foram possíveis de retirar no decorrer do estudo apresentado. A nível pessoal, o presente trabalho revelou ser um desafio do ponto de vista criativo, uma vez que foi criado um dispositivo inovador através de sucessivas tentativas. Porém, a razão por detrás da criação deste dispositivo, ou seja, auxiliar pessoas portadoras de uma condição que afeta substancialmente a sua qualidade de vida, constituiu uma motivação necessária na realização deste trabalho.

O trabalho realizado ao longo desta dissertação, traduziu-se num aumento significativo de qualidades do autor, nomeadamente perseverança e espírito crítico, sobretudo por ter sido necessário criar diferentes produtos até se chegar ao dispositivo final.

### 6.1. Conclusões

Após a realização do questionário e a análise feita das respostas que foram obtidas foi possível retirar algumas conclusões.

Primeiramente, foi concluído que o dispositivo criado realizou aquilo que era suposto fazer. Na opinião dos profissionais que foram inquiridos, o dispositivo apresentado é um projeto interessante, contudo necessita de ser melhorado. O formato do dispositivo, nomeadamente da sua base, ou seja, o componente que o utilizador agarra de forma a manipular todo o mecanismo, deve ser melhorado e adaptado tendo em conta o tipo de problema do lesado e as condições limitadoras das quais é portador.

Adicionalmente, o carácter inovador deste produto foi verificado e confirmado, tendo-se verificado que a grande maioria dos questionados desconhecia produtos semelhantes ao que foi criado. A utilização de um roquete de forma a modificar o tipo de rotação da chave na fechadura, revelou ser uma característica de extrema importância e relevância, uma vez que se concluiu que, efetivamente, este componente facilitava, de forma substancial, a ação de abrir e fechar uma porta.

De uma forma sucinta, o dispositivo criado teve uma apreciação positiva por parte dos profissionais de saúde inquiridos, possibilitando a hipótese de se continuar com o trabalho até hoje realizado, de forma a averiguar se, eventualmente, este produto pode ser utilizado pelas pessoas que necessitam.

## **6.2. Sugestões para trabalhos futuros**

Na fase inicial presente do desenvolvimento e da criação deste produto, priorizou-se a versatilidade do seu formato, ou seja, procurou-se criar um dispositivo com formato que, de uma forma geral e primitiva, poderia ser utilizado por vários tipos de utilizadores, independentemente das condições das quais são portadores. Numa fase posterior, este formato deve ser melhorado. Quer isto dizer que, dependendo do formato da mão do utilizador ou do tipo de problema da qual é portador, o dispositivo deve ser adaptado. Assim, no que diz respeito a trabalhos futuros, a criação de um molde da mão do utilizador deve ser efetuada e incorporada no dispositivo, de forma a possibilitar a utilização do produto.

A peça metálica responsável por manter a chave numa posição fixa pode ser modificada. Futuramente, este componente pode ser modificado de modo a ser mais versátil, tendo em conta o formato de cada chave a ser utilizada.

No que diz respeito ao mecanismo responsável por alterar o sentido de rotação da chave, ou seja, do roquete, este pode ser repensado de forma a ser adaptado a pessoas com um défice cognitivo. A inserção de um botão que permitisse alterar o sentido de rotação, é uma opção que pode ser considerada futuramente.

Suplementarmente, o dispositivo criado pode ser experimentado com pessoas que tenham a mobilidade da mão afetada. O trabalho presente contou com a opinião profissional de fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais. No entanto, a experimentação do dispositivo por parte de pessoas lesadas deve ser efetuada, para se poder concluir que tipo de alterações ao dispositivo se devem fazer, consoante o tipo de problema da qual o lesado é portador.

Por fim, podem ser criados outros dispositivos para auxiliar pessoas com uma mobilidade e funcionalidade das mãos afetadas, mas com outros fins. Na presente dissertação, procurou-se criar um dispositivo cuja função seria abrir e fechar portas.

Encontrada.

---

Futuramente, podem ser criados outros dispositivos para auxiliar outro tipo de ações, manipulando outro tipo de objetos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Carmeli, H. Patish, and R. Coleman, “The Aging Hand,” vol. 58, no. 2, pp. 146–152, 2003.
- [2] A. Kumar, T. S. Mundra, and A. Kumar, “Hand Anatomy.”
- [3] T. Craig and R. Schwarz, “The Anatomy and Mechanics of the,” pp. 22–35.
- [4] R. J. Strossen, “Understanding Grip Strength,” pp. 1–16.
- [5] K. ER, S. JH, and J. TM, *Principles of Neural Science*. 2000.
- [6] J. Stuart Gaul Jr. M.D., “Identifiable costs and tangible benefits resulting from the treatment of acute injuries of the hand,” *J. Hand Surg. Am.*, vol. 12, no. 5, pp. 966–970, 1987.
- [7] F. D. Burke, J. J. Dias, P. G. Lunn, and M. Bradley, “Providing care for hand disorders: Trauma and elective: The Derby Hand Unit Experience (1989–1990),” *J. Hand Surg. Br. Eur. Vol.*, pp. 13–18, 1991.
- [8] R. L. Sacco *et al.*, “AHA / ASA Expert Consensus Document An Updated Definition of Stroke for the 21st Century,” pp. 2064–2089, 2013.
- [9] T. Thom *et al.*, *Heart Disease and Stroke Statistics — 2006 Update A Report From the American Heart Association Statistics Committee and Members of the Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee \*\**, vol. 6083, no. 71. 2006.
- [10] B. B. Lee, R. A. Cripps, M. Fitzharris, and P. C. Wing, “The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology : update 2011 , global incidence rate,” vol. 52, no. 2, pp. 110–116, 2013.
- [11] B. Webster, G. Giunti, A. Young, G. Pransky, and S. Nesathurai, “Work-related tetraplegia : Cause of injury and annual medical costs Original Article Work-related tetraplegia : cause of injury and annual medical costs,” no. May 2014, 2004.
- [12] Association American Spinal Injury, “Standards for Neurological Classification of Spinal Injury Patients,” *Am. Spinal Inj. Assoc.*, 1982.
- [13] J. et. al. Gomes-Osman, “Priming for Improved Hand Strength in Persons with Chronic Tetraplegia: A Comparison of Priming-Augmented Functional Task Practice, Priming Alone, and Conventional Exercise Training,” *Front. Neurol.*, vol.

- 7, 2016.
- [14] J. Jankovic, “Parkinson ’ s disease : clinical features and diagnosis,” no. 1957, pp. 368–376, 2008.
- [15] A. Samii, J. G. Nutt, and B. R. Ransom, “Parkinson ’ s disease,” vol. 363, pp. 1783–1793, 2004.
- [16] C. A. Davie, “A review of Parkinson ’ s disease,” pp. 109–127, 2008.
- [17] L. V Kalia, A. E. Lang, and G. Shulman, “Parkinson ’ s disease,” *Lancet*, vol. 386, no. 9996, pp. 896–912, 2015.
- [18] GBD 2015 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators, “Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 310 diseases and injuries, 1990–2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015,” *Lancet*, vol. 388, pp. 1545–1602, 2016.
- [19] L. Golbe and C. Leyton, “Life expectancy in Parkinson disease,” *Neurology*, 2018.
- [20] L. M. L. De Lau and M. M. B. Breteler, “Epidemiology of Parkinson ’ s disease,” vol. 5, no. June, pp. 525–535, 2006.
- [21] H. Lipson, *Fabricated: The New World of 3D Printing*. 2012.
- [22] S. Yeole, “Importance and Utilization of 3D Printing in Various Applications,” no. January, 2016.

## WEBGRAFIA

- <https://www.saebo.com/stroke-hand-weakness-recovery/>, acedido a 23/05/2019
- <https://www.economist.com/technology-quarterly/2013/09/05/3d-printing-scales-up> , acedido a 06/08/2019

## APÊNDICE A

Nome:
Profissão:
Anos de experiência na área da reabilitação:

Pergunta	Discordo totalmente (1)	Discordo (2)	Discordo parcialmente (3)	Indeciso (4)	Concordo parcialmente (5)	Concordo (6)	Concordo totalmente (7)
1. O dispositivo é fácil de utilizar.							
2. O dispositivo funcionou sem limitações.							
3. O dispositivo realizou o que era suposto.							
4. Conheço outros dispositivos semelhantes disponibilizados no Mercado.							
5. Este dispositivo tem interesse para disfunções associadas ao movimento da mão.							
6. O conceito do dispositivo é adaptado a outras aplicações e/ou limitações físico-motoras.							
7. Recomendaria a utilização deste dispositivo.							

### Observações

**Figura A1-** Questionário *Likert*



**Erro! A origem da referência não foi encontrada.**

---