

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

DESENVOLVIMENTO DE UMA ÓRTESE PERSONALIZADA DE BAIXO CUSTO PARA
PORTADOR DE CÂIMBRA DO ESCRIVÃO FABRICADA POR MANUFATURA ADITIVA

por

Wolfgang Ribeiro Reis

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, fevereiro de 2024

CIP - Catalogação na Publicação

Reis, Wolfgang

Desenvolvimento de uma órtese personalizada de baixo custo para portador de câimbra do escrivão fabricada por manufatura aditiva / Wolfgang Reis. -- 2024.

19 f.

Orientador: Heraldo José de Amorim.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto Alegre, BR-RS, 2024.

1. Órtese. 2. Câimbra do escrivão. 3. Modelagem. 4. Protótipo. I. José de Amorim, Heraldo, orient. II. Título.

Wolfgang Ribeiro Reis

DESENVOLVIMENTO DE UMA ÓRTESE PERSONALIZADA DE BAIXO CUSTO PARA
PORTADOR DE CÂIMBRA DO ESCRIVÃO FABRICADA POR MANUFATURA ADITIVA

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Ignácio Iturrioz
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Projeto e fabricação

Orientador: Prof. Heraldo José de Amorim

Comissão de Avaliação:

Prof. Heraldo José de Amorim (Presidente)

Prof. Jakson Manfredini Vassoler

Prof^a. Cintia Cristiane Petry Mazzaferro

Prof. Luis Henrique Alves Cândido

Porto Alegre, **fevereiro** de 2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai e minha mãe que me apoiaram das mais diversas formas desde os primeiros passos da minha trajetória, à minha noiva que me apoiou durante o processo passado no período de graduação. Agradeço à empresa RealityPix3D, que contribuiu com a impressão 3D dos protótipos desenvolvidos neste trabalho.

REIS, Wolfgang. **Desenvolvimento de uma órtese personalizada de baixo custo para portador de câimbra do escrivão fabricada por manufatura aditiva**. 2024. 14. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

RESUMO

A Câimbra do Escrivão é uma distonia focal que afeta a mão, dedos e/ou braços, manifestandose por meio de contrações involuntárias que resultam em movimentos repetitivos, prejudicando o sistema motor e interferindo na habilidade de escrever. De forma geral, a mão adota uma postura de semi-flexão dos dedos, acompanhada de hiperextensão ou hiperflexão do punho. Existem diferentes recursos para tratamento, entre eles o uso de órteses; que surge como uma abordagem não medicamentosa, oferecendo suporte ao facilitar a acessibilidade durante o processo de escrita. Este estudo tem por objetivo projetar e modelar uma órtese personalizada de baixo custo para um usuário com câibra do escrivão através da manufatura aditiva. Os procedimentos metodológicos foram divididos em cinco fases: 1) projeto conceitual: integra o levantamento mercadológico sobre as órteses existentes, análise dos materiais de baixo custo e identificação dos dados antropométricos do usuário; 2) dimensionamento: consiste na análise dos parâmetros essenciais como: rigidez, flexibilidade, volume, resistência ao calor e viabilidade de limpeza; 3) modelagem computacional: feita através do software CAD Autodesk Inventor Professional 2024; 4) confecção do protótipo: materializado a partir da FDM (*Fused Deposition Modeling*), onde foram fabricados quatro dispositivos na impressora 3D Creality K1 em diferentes materiais; e 5) verificação do modelo: onde foram feitas otimizações e correções da órtese de acordo com as contribuições do usuário. Os materiais escolhidos para análise foram ABS, PLA, PETG e TPU. Segundo o paciente, o protótipo em PETG foi considerado o mais confortável, pois apresentou acoplamento mais satisfatório ao dedo polegar e apresentou melhores avaliações de segurança na escrita e conforto. Apesar dos resultados positivos, a órtese necessita de adaptação do usuário, sendo necessários mais estudos, com maior número de pacientes e diversidade de materiais. Os resultados apresentam ainda a necessidade de acompanhamento do paciente para verificar a eficácia da órtese na distonia focal do usuário.

PALAVRAS-Chave: Órtese, Câibra do escrivão, Modelagem, Protótipo.

Reis, Wolfgang. **Development of a customized low-cost orthosis for patients with writer's cramp fabricated by additive manufacturing**. 2024. 14. Mechanical Engineering End of Course Monography – Mechanical Engineering degree, The Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

ABSTRACT

Writer's cramp is a focal dystonia that affects hand, fingers and/or arms, manifesting by involuntary contractions, resulting in repetitive movements, damaging the motor system, and interfering in writing. In general, hand and fingers become semi-flexed, followed by fist hyperextension. There are different resources for treatment, between them, the use of orthosis; that surges as a non-pharmacologic approach, offering support by facilitating accessibility during the writing process. This study aims to Project and model a customized orthosis by low-cost additive manufacturing for a writer's cramp patient. The methodological procedures were divided in five steps: 1) conceptual project: integrates market research about existent orthosis, low-cost material analysis and anthropometric user data identification; 2) sizing: consists in essential parameters analyzing as: stiffness, flexibility, volume, heat resistance and cleaning viability; 3) computational modelling: made using CAD Autodesk Inventor Professional 2024 software; 4) prototype confection: materialized from FDM (Fused Deposition Modeling), where four devices were manufactured in Creality K1 3D printer in different materials; and 5) model verification: where orthosis optimizations and corrections were made according to the user's contribution. The chosen materials to analyze were ABS, PLA, PETG and TPU. According to the patient, the PETG prototype was considered the most comfortable, as it presented more satisfactory coupling to the thumb and presented better evaluations of writing assurance and comfort. Despite positive results, orthosis need user's adaptation, being necessary more studies, with higher number of patients and material diversity. Results presents yet the needing of patient's following to verify orthosis effectiveness on user's focal dystonia.

KEYWORDS: Orthosis, Writer's cramp, Modeling, Prototype.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. QUESTÃO DE PESQUISA	2
1.2. OBJETIVO	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
3. METODOLOGIA	6
3.1. Projeto conceitual	6
3.2. Dimensionamento	7
3.3. Modelagem Computacional.....	8
3.4. Confeção do Protótipo	9
3.5. Verificação do modelo	9
4. RESULTADOS	10
4.1. Conceito e modelagem	10
4.2. Prototipagem.....	11
4.3. Avaliação de conforto	12
5. CONCLUSÃO	13
6. TRABALHOS FUTUROS	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
ANEXOS	19
ANEXO A – Avaliação da satisfação do usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec B- Quest (2.0)	19

1. INTRODUÇÃO

A habilidade de manusear um lápis, seja para contar uma história através de palavras, reproduzir uma imagem através de pinturas ou outras formas de expressão, é uma das características mais comuns entre os seres humanos. Desde a era das cavernas, o homem tem buscado, de forma verbal ou não, guardar suas informações. Segundo Cassella (2021), a evolução do polegar opositor é frequentemente associada com o surgimento das ferramentas de pedra. A habilidade de agarrar ou manipular objetos com força e precisão é fundamental para atividades como escrever, se alimentar, entre outras. Esta habilidade pode ser afetada por lesões de natureza física ou neurológica, gerando diversos sintomas no indivíduo.

As lesões de natureza física podem envolver a perda total ou parcial de um dos membros responsáveis pelo movimento de pinça das mãos. Nestes casos, desenvolvem-se próteses para capacitar o indivíduo, complementando o órgão com um dispositivo artificial ou até mesmo cirurgias para reconstrução do membro. As lesões físicas podem estar associadas a tendões; o tratamento nesses casos pode envolver uso de analgésicos e anti-inflamatórios, assim como a imobilização do membro (INSTITUTO SALUTE, 2024). Algumas das lesões que podem incapacitar o movimento da mão podem ser causadas por questões neurológicas, como paralisia do membro, AVC e câimbra do escrivão. Nestes casos, o tratamento pode ser medicamentoso, através de alopáticos com propósito de solucionar a lesão, ou através do uso de paliativos, reduzindo os sintomas para evitar o desconforto momentaneamente. Além dos medicamentos, o tratamento pode envolver cirurgias, imobilização, sessões de fisioterapia e uso de órteses.

Órteses são produtos assistivos utilizados em contexto terapêutico, para contribuir com a melhoria da condição de saúde de seu usuário (FERRIGNO, 2007). Segundo Saharan et al., 2017, órteses devem ser leves e adequadas à necessidade e às características da incapacidade de cada pessoa, o que pode dificultar em alguns casos a adaptação a produtos comerciais, sendo necessário o desenvolvimento de órteses personalizadas.

Para permitir a customização da órtese em função do paciente, estuda-se a utilização da Manufatura Aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D, para propor inovações na forma de produção, no projeto e na aplicação de novos materiais (PATERSON; BIBB; CAMPBELL, 2010; PALOUSEK et al., 2013; VOLONGHI; BARONIO; SIGNORONI, 2018). A variedade de materiais disponíveis para impressão 3D, bem como os seus custos são interessantes do ponto de vista econômico-financeiro, pois são bem baixos e de fácil acesso. A manufatura aditiva já é amplamente utilizada no meio da saúde para a criação de órteses para as mais diversas finalidades, dentre elas, ajudar na reabilitação de portadores de lesões por esforço repetitivo (LER), como tendinite, bursite, sinovite, síndrome do túnel do carpo e câimbra do escrivão.

A Câimbra do Escrivão é um distúrbio incapacitante do sistema motor que pode produzir movimentos anormais, caracterizado por contrações musculares excessivas. A limitação afeta a habilidade da escrita e acomete adultos, principalmente homens entre 30 e 60 anos de idade (SHEEHY MP, MARSDEN D, 1982). Sua ocorrência é de 14 pessoas a cada 1.000.000 (ESDE, 2000). Entre seus sintomas está a fadiga, paralisias na mão, surgimento de flexão e/ou extensão dos dedos, punho ou braço e/ou pronação ou supinação do membro. Também há redução da velocidade da escrita e possível presença de tremores (MARSDEN D, SHEEHY MP, 1990). Existem diferentes recursos para tratamento, sendo o principal a aplicação de toxina botulínica. O uso de órteses surge como uma abordagem não medicamentosa, que oferece suporte ao facilitar a acessibilidade durante o processo de escrita.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que mais de 1 bilhão de pessoas com necessidades especiais seriam beneficiadas pelo uso de produtos assistivos, mas somente 10% das pessoas têm acesso a tais produtos. Entre os fatores listados para um percentual de acesso

tão baixo estão: alto custo dos produtos assistivos, falta de disponibilidade do produto e falta de conhecimento sobre o acesso aos mesmos (WHO, 2016).

Com o intuito de atender a essa exigência, o estudo propõe a elaboração de um protótipo personalizado de baixo custo destinado a um usuário de 32 anos que convive com a síndrome há mais de uma década.

1.1. QUESTÃO DE PESQUISA

Este estudo pretende investigar a seguinte questão de pesquisa: “É possível desenvolver uma órtese de baixo custo através da manufatura aditiva de forma personalizada para uma pessoa portadora da câimbra do escritor a fim de atendê-la de forma funcional, confortável e com possibilidade de higiene sem que ela danifique durante o uso?”

1.2. OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo projetar e modelar um dispositivo personalizado através da manufatura aditiva de baixo custo para um usuário portador da câimbra do escritor. Por meio deste protótipo, pretende-se contribuir com a estabilização e alívio da musculatura da mão do paciente, reduzindo as dores causadas pelo esforço na tarefa da escrita e aumentando o conforto durante a atividade. Para isso, será necessário atender os objetivos específicos:

- Realizar levantamento mercadológico acerca dos materiais de baixo custo para produção da órtese;
- Definir os parâmetros essenciais para o estudo;
- Confeccionar os protótipos a serem avaliados pelo usuário;
- Refinar o modelo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A câimbra do escritor é uma distonia focal de mão com contração involuntária que afeta o sistema motor, dificultando a tarefa da escrita. Está relacionada ao uso excessivo da mão e pode ser classificada como Lesão por Esforço Repetitivo (LER). A síndrome não tem ainda causa confirmada pela ciência, porém, segundo a ESDE (2000), apenas 5-25% dos casos são causados por predisposição genética. São comuns relatos de pacientes com estresse, excessivo uso das mãos, traumas neurais (fratura do rádio e trauma craniano), doenças discas degenerativas ou dano cervical, limitações biomecânicas (má postura, limitação para extensão dos dedos assim como rotação de ombro e cotovelos) e comprometimento dos nervos periféricos (WAISSMAN, 2008). Em geral, a mão assume uma posição de semi-flexão dos dedos com hiperextensão ou hiperflexão do punho. Pode também associar contorção do punho ou do cotovelo e ocasionalmente do ombro. Quando se mantém os esforços para escrever, a mão pode comprimir e destruir o papel (WAISSMAN, 2009).

O diagnóstico da câimbra do escritor é feito através de anamnese e exame físico (WAISSMAN, 2008) onde é possível identificar a perda de inibição, excesso e estimulação muscular e incapacidade de descontração através da eletromiografia. Por se tratar de um distúrbio raro, de baixa morbidade e geralmente não fatal, poucos são os estudos que abordam a epidemiologia da distonia. A ausência de um critério clínico que valide testes para realização do diagnóstico, fazem com que os erros sejam frequentes, trazendo ainda mais dificuldades às investigações epidemiológicas (DEFAZIO et al, 2004 apud WAISSMAN, 2009).

O tratamento da câimbra do escritor pode ser medicamentoso. A técnica mais comum envolve a introdução de toxina botulínica nos músculos afetados, causando enfraquecimento da

musculatura e reduzindo as contrações e ocasionando uma melhora funcional da escrita (TSUI JK, *et al.*, 1993). Já o tratamento não medicamentoso envolve o indivíduo como um todo, tanto nos aspectos físicos como psicológicos. O primeiro passo da ação terapêutica é alterar a forma do indivíduo segurar a caneta ou utilizar um dispositivo que permita a caneta deslizar sobre um plano ou apoiada em um triplo suporte e controlada apenas pelos músculos do antebraço e ombro. O passo seguinte é um treinamento motor, onde o paciente tem os dedos da mão e punho imobilizados com uma órtese plástica (WAISSMAN, 2008).

A principal função da órtese é otimizar o aparelho locomotor por meio de forças externas direcionadas que auxiliem na mobilidade articular. Tais dispositivos baseiam-se em princípios mecânicos de engenharia, a exemplo de sistemas de alavancas de primeira classe (ELUI, 2016). Atualmente esses dispositivos são pré-fabricados por termoplásticos de alta temperatura, como o polipropileno, ou de baixa temperatura. Entre os dispositivos comerciais mais conhecidos estão o Aquaplast e Ezeform (AGNELLI e TOYODA, 2003). Apesar da existência de produtos comerciais, os custos de aquisição são elevados, devido ao preço de importação e ao grande volume de material utilizado na fabricação das órteses.

O custo de aquisição no Brasil se torna um obstáculo para acesso a recursos de reabilitação, e tais fatores estimulam a necessidade de criação de novas metodologias para fabricar dispositivos de reabilitação que se adequem às necessidades dos pacientes (FERREIRA, 2023). Para melhorar o acesso aos produtos assistivos, em 2014 a OMS estabeleceu a GATE (Global Cooperation on Assistive Technology - Cooperação Global para Tecnologia Assistiva), uma iniciativa que prioriza a pesquisa e inovação em tecnologia assistiva, melhorando o acesso à produtos de qualidade (LAYTON; MURPHY; BELL, 2018), dentre as pesquisas está o desenvolvimento de órteses a partir das impressoras 3D.

Com a evolução das impressoras 3D, dispositivos que viabilizam a produção de objetos tridimensionais a partir de desenhos digitais, abriu-se a possibilidade para concepção de novos modelos de órteses direcionadas à melhoria da escrita. A adoção da tecnologia 3D está em constante ascensão em aplicações médicas (JAVOID; HALEEM, 2018). Os benefícios encontrados ao utilizar essa forma de produção na área médica são vários, entre eles: 1) Customização de produtos, a qual proporciona um melhor encaixe e aceitação pelo paciente, 2) Vasta disponibilidade de materiais disponíveis para impressão, 3) Vários materiais biocompatíveis, 4) Produção automatizada, e 5) Componentes estruturais precisos (TOFAIL et al., 2018).

Esse interesse na utilização da impressão 3D também é atribuído, em grande parte, à redução dos custos das órteses e à crescente facilidade de uso, promovendo, assim, maior acessibilidade. Além disso, estes novos modelos apresentam menores custos de fabricação em relação aos modelos tradicionais (OALOO, 2021). A Figura 1 apresenta exemplos de órteses cujo design foi concebido por meio de software de modelagem 3D, sendo, posteriormente, materializados em impressoras 3D.

Figura 1 – Diferentes modelos de órteses para pessoas com dificuldade de escrita fabricados através de manufatura aditiva



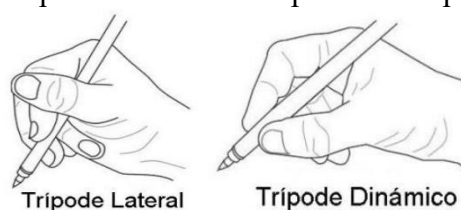
Fonte: UltiMaker Things Universe (2023)

Atualmente existem uma variedade de técnicas e materiais para impressão, os quais diferem em densidade, flexibilidade, cores, durabilidade, texturas e resistência (JAVAID; HALEEM, 2018). De acordo com a Food and Drug Administration (FDA) dentre as diversas técnicas de impressão 3D, as que prometem desempenhar importante papel na evolução da área médica estão: (1) Powder Bed Fusion (Fusão de leito de pó), (2) STereoLithography (estereolitografia), (3) Fused Deposition Modelling - FDM (Modelagem por Deposição Fundida), e (4) Material Jetting (Impressão por Jato de tinta) (FDA, 2017), sendo os materiais mais comumente empregados os poliamidos, como o Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), Policarbonato, Polipropileno (PP) (LIAW; GUVENDIREN, 2017). Esta variedade de técnicas e materiais pode contribuir para a redução de custos das órteses.

De acordo com Ferreira (2023), as órteses produzidas por meio da impressão 3D demonstram uma redução de custos significativa, chegando a 63% em comparação com aquelas fabricadas pelo método tradicional. Embora haja disponibilidade de órteses confeccionadas a partir da impressão 3D em diversos sites e repositórios online, essas soluções, até o momento, não se direcionam especificamente para uma abordagem para a distonia focal de câimbra do escritor. A maior parte delas não se adequa aos tipos mais populares de preensão utilizados pelos pacientes.

Existem diferentes tipos de preensão utilizados por adultos na escrita manual. A trípole dinâmica e a trípole lateral são as mais frequentes (SIME, 2014), ambos utilizam três dedos da mão para apoiar a caneta, realizando um movimento de pinça trípole ou lateral. A Figura 2 ilustra esses dois tipos de preensão.

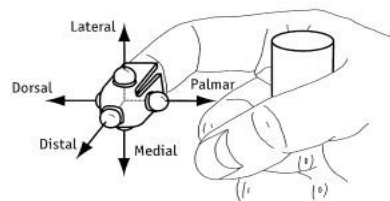
Figura 2 – Tipos de preensão utilizadas por adultos para escrita manual



Fonte: Viena (2023)

Nos tipos de preensão na escrita manual, a mão não opera com sua máxima capacidade de força. A força utilizada para segurar objetos é inferior à força máxima de preensão (FEIX et al, 2016). Conforme ilustrado na Figura 2, o dedo indicador realiza uma pressão sobre a caneta na direção palmar, a direção da pressão está indicada na Figura 3.

Figura 3 – Direção das forças na ponta dos dedos



Fonte: VALERO-CUEVAS (1998)

As principais forças que envolvem a tarefa de escrita são: força da ponta da caneta sobre o papel e a força realizada pelos dedos para segurar a caneta. Em uma pessoa saudável, a força da caneta sobre o papel varia de 0,8 N a 1,1 N, enquanto uma pessoa com câimbra do escrivão varia de 2,1 N a 2,2 N. Um indivíduo saudável realiza uma força entre os dedos e a caneta entre 5,5 N e 10,2 N, enquanto um indivíduo com câimbra do escrivão varia de 34,7 N a 46,8 N (SCHNEIDER et al, 2010).

Para o portador da câimbra do escrivão, a escrita é desconfortável e pode ser dolorosa. Isso ocorre porque há um excesso de força na mão durante a atividade. Diversos músculos são acionados durante a escrita, desde as mãos, passando por antebraço, braço e ombro. A coordenação motora fina da mão é fundamental para a reprodução da escrita, desempenhada pelos músculos intrínsecos das mãos. Os músculos mais utilizados durante a escrita são o oponente do polegar, abductor curto do polegar (Figura 4.a), flexor superficial dos dedos (Figura 4.b) e flexor profundo dos dedos (Figura 4.c).

Figura 4.a – Músculos tenares

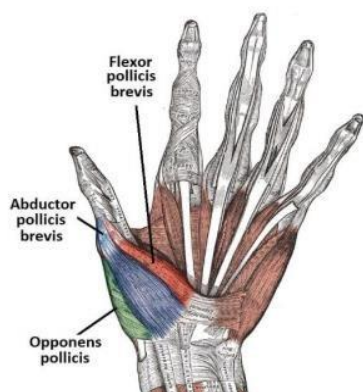
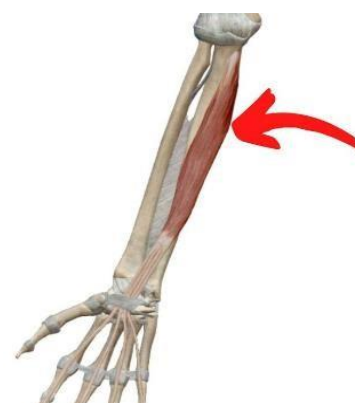


Figura 4.b – Flexor superficial dos dedos



Figura 4.c – Flexor profundo dos dedos



Fonte: LMD Lab; JONES (2023)

Os músculos relacionados na Figura 4.a são responsáveis pelo movimento da pinça e na flexão do polegar. Enquanto o músculo indicado pela Figura 4.b é responsável pela flexão dos dedos no nível da falange medial, já o músculo indicado pela Figura 4.c é responsável pela flexão dos dedos no nível da falange distal (CARMO, 2023). Os músculos descritos

movimentam articulações durante a escrita. Portanto, evita-se carga nestas articulações durante o uso da órtese, para que não haja dores causadas pelo excesso de força.

Por conta do excesso de força, o desenvolvimento de uma órtese para escrita voltada para portadores da câimbra do escritor considera, prioritariamente, a resistência do material às cargas solicitadas durante a escrita. Além deste requisito, o conforto e a funcionalidade também são parte imprescindível nas avaliações durante os testes realizados.

3. METODOLOGIA

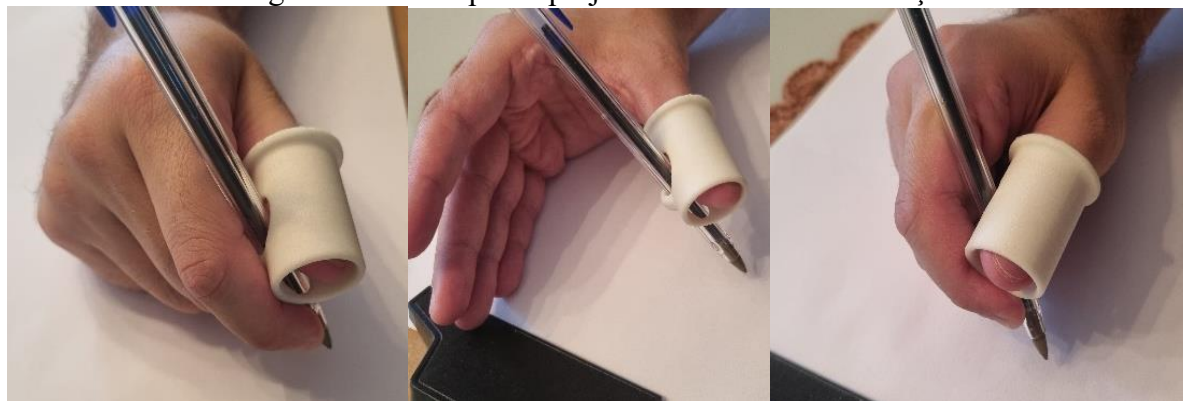
A metodologia do estudo de caso foi organizada em cinco fases:

- 1) projeto conceitual: integra o levantamento mercadológico sobre as órteses existentes, análise dos materiais de baixo custo e identificação dos dados antropométricos do usuário
- 2) dimensionamento: consiste na análise dos parâmetros essenciais como, rigidez, flexibilidade, volume, resistência ao calor e viabilidade de higiene para cada material selecionado para o estudo
- 3) modelagem computacional: feita através do software CAD Autodesk Inventor Professional 2024
- 4) confecção do protótipo: materializado a partir da FDM (*Fused Deposition Modeling*) onde foram fabricados quatro dispositivos na impressora 3D Creality K1 em diferentes materiais
- 5) verificação do modelo: onde foram feitas otimizações e correções da órtese de acordo com as contribuições do usuário.

3.1. Projeto conceitual

A etapa de conceito para desenvolvimento da órtese buscou aproximar o tipo de preensão à trípole dinâmica, para reproduzir ao máximo a forma que o paciente conduz o objeto (lápiz, caneta, entre outros) para escrever. A principal dificuldade observada durante a escrita era a caneta rotacionando sobre o polegar por ação da força excessiva do dedo indicador. Para evitar a rotação, mantendo a preensão em trípole dinâmica, buscou-se conter os movimentos associados à rotação da caneta em relação ao polegar. A Figura 5 ilustra o protótipo do projeto conceitual em utilização.

Figura 5 – Protótipo do projeto conceitual em utilização



Fonte: Autoria Própria

A Figura 1 apresenta órteses com diferentes conceitos diferentes para segurar a caneta. A vantagem destes modelos está na liberdade dos dedos, da musculatura e dos movimentos sem

exigência de carga nas articulações. Nestes modelos não há reprodução do movimento de pinça, caracterizado pelo contato direto entre o dedo indicador e a caneta, com apoio do polegar, distanciando estes modelos dos tipos de prensa mais populares. O conceito apresentado na Figura 5 tem objetivo de reproduzir a prensa em tripode dinâmica, se aproximando da forma mais popular de prensa da caneta.

3.2. Dimensionamento

O desenvolvimento de uma órtese envolve o conhecimento dos possíveis materiais a serem utilizados em sua estrutura. Devem ser levados em consideração fatores como: custo, peso, resistência aos esforços necessários e não oferecer riscos à pele (LOPES, 2021). Segundo MAC DONALD (1998 apud AGNELLI e TOYODA, 2003), ao selecionar o material para órteses manuais, as seguintes características devem ser levadas em consideração:

- Rigidez: para suportar a posição desejada;
- Flexibilidade: para ajuste dos movimentos;
- Volume: para que o dispositivo não seja muito espesso;
- Permitir limpeza: proporciona higiene e durabilidade;
- Facilidade de manejo: além do material, depende também do usuário;
- Economia: de acordo com as necessidades do paciente;
- Resistência ao calor: materiais moldados em baixa temperatura facilitam a moldagem e podem produzir resultados melhores.

Os materiais que compõem os filamentos das impressoras 3D são fornecidos em carretéis específicos. Estes são direcionados através de um bico aquecido, por meio de uma extrusora, para construção dos modelos. Os materiais mais utilizados na confecção de órteses são os polímeros: PLA, ABS e PETG (MALLMANN, 2018). Para determinadas próteses, utiliza-se também o TPU (RENDER, 2019). Cada um destes materiais apresenta características diferentes que influenciam na confecção e na utilização pelo paciente e estão presentes na Tabela 1.

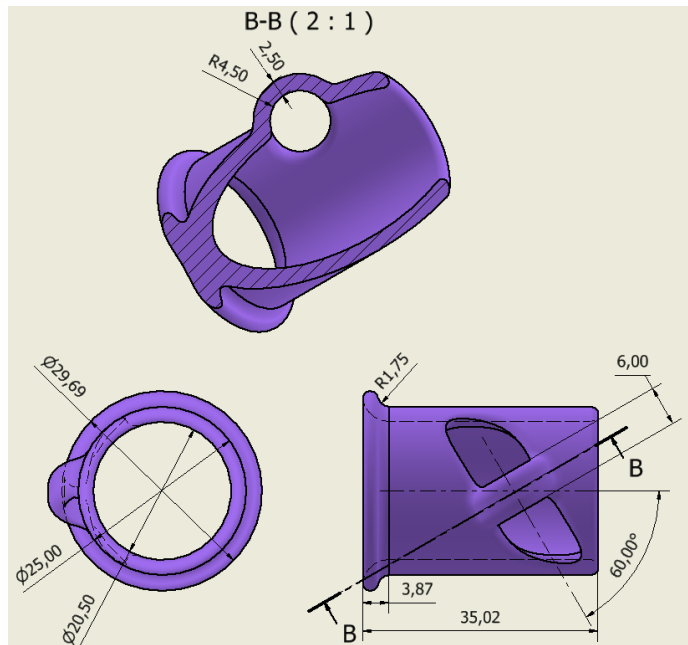
Tabela 1 – Comparação entre materiais de filamentos para impressão 3D

	Resistência a impactos	Resistência mecânica	Dureza Superficial ₁	Estabilidade Dimensional	Resistência Térmica	Resistência Química
PLA	☆☆	☆☆☆	☆☆	☆☆☆☆ ☆☆	☆	☆☆☆☆
ABS	☆☆☆☆	☆☆	☆	☆☆	☆☆	☆☆
PETG	☆☆	☆☆	☆☆	☆☆☆☆	☆☆☆☆	☆☆
TPU	☆☆☆☆ ☆☆	☆☆☆☆	☆☆	☆☆☆☆	☆☆	☆☆☆☆

Fonte: adaptado de MATERIALIZA, 2023

As dimensões utilizadas para construção do modelo foram obtidas a partir dos dados antropométricos do paciente, obtidos durante a etapa de projeto conceitual. As dimensões utilizadas estão descritas na Figura 6.

Figura 6 – Dimensões utilizadas no desenvolvimento do modelo

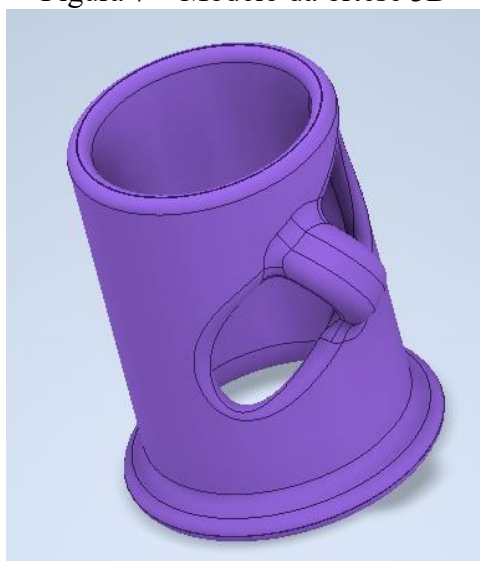


Fonte: Autoria Própria

3.3. Modelagem Computacional

A modelagem computacional foi realizada com auxílio do software CAD Autodesk Inventor Professional 2024. Para realização do desenho, foram utilizadas como referência os dados antropométricos do paciente. A Figura 7 ilustra o modelo 3D da órtese desenvolvida.

Figura 7 – Modelo da órtese 3D



Fonte: Autoria Própria

3.4. Confeção do Protótipo

Com o desenho 3D definido, foi possível gerar arquivo em formato .stl, utilizado para interpretação da impressora 3D e criação do objeto. Em parceria com uma empresa especializada em impressão 3D, foram feitos quatro protótipos, um de cada material. Cada um dos modelos foi confeccionado com diferentes configurações de máquina para impressão 3D, adaptadas ao modelo e estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Configurações de impressão 3D

Parâmetro	ABS	PLA	PETG	TPU
Temperatura de bico (°C)	260	230	240	200
Temperatura de mesa (°C)	100	80	85	60
Velocidade de impressão (mm/s)	300	300	300	300
Espessura de camada (mm)	0,1	0,1	0,1	0,1
Preenchimento (%)	100	100	100	100

Fonte: Autoria própria

3.5. Verificação do modelo

Com o dispositivo impresso, foram medidas as massas e realizados testes de funcionalidade e conforto pelo usuário, comparando a caligrafia com o uso da órtese e sem o dispositivo. A avaliação foi realizada através do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) (Avaliação da Satisfação do Usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec), desenvolvido com o objetivo de avaliar a satisfação do usuário com a tecnologia assistiva em diversos aspectos, justificando a necessidade do uso efetivo desses dispositivos. O QUEST 2.0 é utilizado por profissionais da reabilitação, pesquisadores e dirigentes de serviços públicos e privados em suas análises de custo-benefício, custo-efetividade e custo-utilidade, favorecendo o aprimoramento técnico, a redução dos custos e a melhora na qualidade dos serviços prestados (CARVALHO et al., 2014).

O QUEST 2.0 consiste em um questionário de 12 itens que são avaliados em uma escala de satisfação de 0 a 5. O primeiro estágio contém oito itens relacionados ao uso da tecnologia assistiva (dimensões, peso, ajustes, segurança, durabilidade, facilidade de uso, conforto e eficácia) e o segundo estágio contém quatro itens relacionados à prestação de serviços (processo de entrega, reparos e assistência técnica, serviços profissionais e acompanhamento). Os critérios de cada item avaliado estão indicados na Tabela 3, detalhes da avaliação podem ser encontrados no ANEXO A.

Tabela 3 – Itens de avaliação da QUEST 2.0 e seus respectivos critérios

Categoria	Item	CRITÉRIOS
Dispositivo	Dimensões	Tamanho, altura, comprimento, largura
	Peso	Força necessária para erguer o dispositivo
	Facilidade de ajuste	Fixar, afivelar
	Estabilidade e segurança	Firmeza e equilíbrio
	Durabilidade	Força e resistência ao desgaste
	Facilidade de uso	Complexidade para utilizar
	Conforto	Incômodo durante o uso
	Eficácia	O quanto o dispositivo atende às necessidades
Serviços	Entrega	Procedimentos e tempo de espera
	Reparos/assistência técnica	Manutenção prestada para o dispositivo
	Serviços profissionais	Informação e atenção recebidos pelo uso do dispositivo
	Serviços de acompanhamento	Serviços de suporte contínuos para o dispositivo

Fonte: Adaptado de CARVALHO et al. (2014)

Cada item é pontuado com o uso de uma escala de 5 pontos, a seguir: 1 (insatisfeito), 2 (pouco satisfeito), 3 (mais ou menos satisfeito), 4 (bastante satisfeito) e 5 (totalmente satisfeito). O examinador deve registrar o número de respostas não válidas. Os escores das subescalas em cada domínio são calculados pela soma das respostas válidas e pela divisão do resultado obtido pelo número de itens de cada subescala. O escore total do questionário é obtido pela soma dos escores de respostas válidas de 1 até 12, e pela divisão do resultado pelo número de itens válidos. Além disso, o questionário lista esses 12 itens de satisfação, solicitando ao usuário que escolha os três itens mais importantes (CARVALHO et al., 2014).

4. RESULTADOS

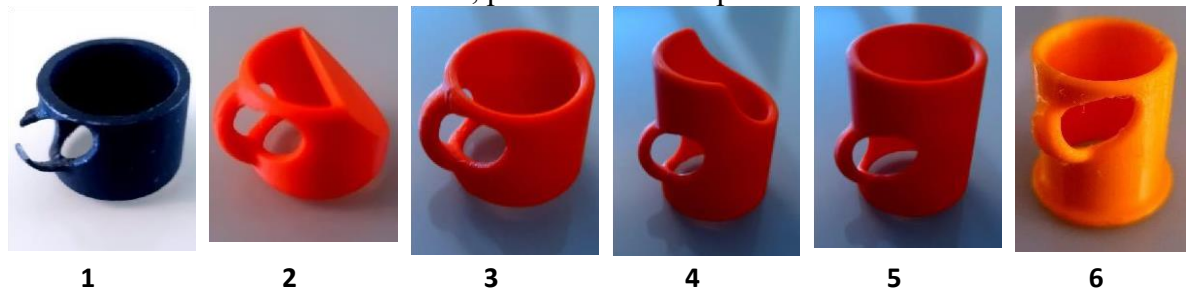
4.1. Conceito e modelagem

Com os dados antropométricos do usuário foram modelados e materializados, por meio de software CAD Autodesk Inventor Professional 2024 e impressora 3D, 4 exemplares usando o material com menor custo de produção, ABS. O objetivo desta etapa era definir qual modelo se adaptava de maneira mais confortável ao ser usado para escrever.

Os modelos desenvolvidos estão ilustrados na Figura 8. O primeiro modelo desenvolvido apresentou certo desconforto e fragilidade na região da alça que segura a caneta, fazendo com que quebrasse com facilidade devido à espessura fina. O segundo modelo foi reforçado, aumentando a espessura da alça, e colocado um anteparo chanfrado, com objetivo de prender melhor o polegar à caneta, aproximando a parte dorsal do polegar, porém o modelo se mostrou desconfortável. O terceiro modelo mostrou conforto no encaixe da caneta, porém a força utilizada na escrita gerou flexão da falange distal do polegar, provocando desconforto durante o uso. Para evitar a flexão da falange distal, foram desenvolvidos modelos com comprimento suficiente para alcançar metade da falange medial do polegar. O quarto modelo apresenta uma cavidade para flexão, porém gerou desconforto ao ser colocado. O quinto modelo se mostrou confortável ao ser colocado e útil no uso, porém a extremidade inferior causou pressão sobre a falange medial do polegar, causando dores e dificultando a circulação sanguínea. O escolhido pelo paciente foi o sexto modelo, desenvolvido a partir do quinto

modelo, suavizando a curvatura da extremidade inferior que tem contato com a falange medial do polegar.

Figura 8 – Protótipos sugeridos ao usuário portador de câibra do escrivão como órtese auxiliadora na escrita, produzidas em impressora 3D em ABS

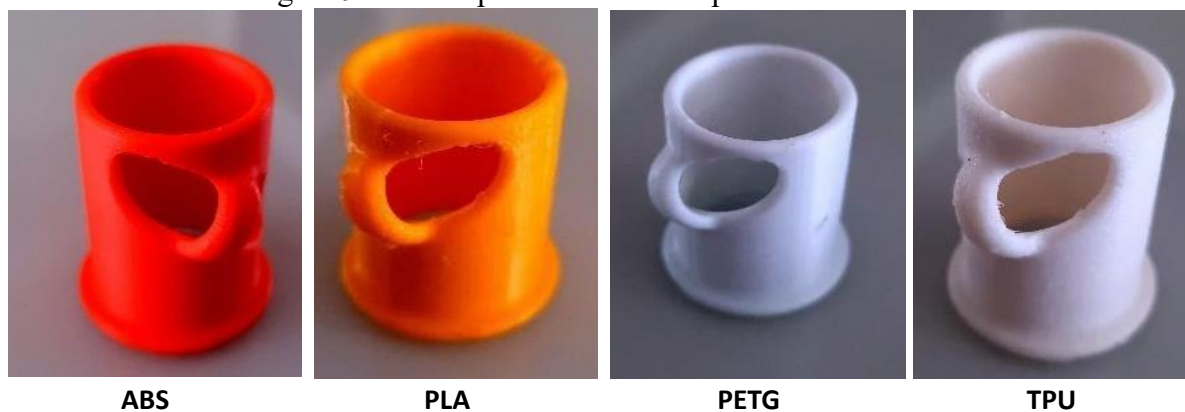


Fonte: Autoria própria

4.2. Prototipagem

Os protótipos foram desenvolvidos e suas dimensões foram validadas pelo usuário, assim como o peso. A Figura 9 apresenta os protótipos e seus respectivos materiais.

Figura 9 – Protótipos da órtese e respectivos materiais



Fonte: Autoria Própria

As massas e o custo de cada peça estão indicados na Tabela 4.

Tabela 4. Massa e custo de cada protótipo

Material	Massa (g)	Custo (R\$)
ABS	5	20,80
PLA	6	19,00
PETG	5	20,50
TPU	5	24,00

Fonte: Autoria própria

Os preços de produção envolveram uma série de fatores considerados pela empresa parceira, como quantidade de material utilizado nos filamentos, energia elétrica despendida durante o processo, tempo de execução das impressões, nível de dificuldade de impressão, margem de lucro da empresa, entre outros fatores.

4.3. Avaliação de conforto

Após prototipagem do modelo em cada um dos materiais, foi realizada uma avaliação do conforto pelo usuário através do questionário QUEST 2.0. A Tabela 5 mostra os resultados da avaliação.

Tabela 5. Avaliação QUEST 2.0 do dispositivo e serviços

Categoria	Item	ABS	PLA	PETG	TPU
Dispositivo	Dimensões	5	5	5	5
	Peso	5	5	5	5
	Facilidade de ajuste	5	5	5	5
	Estabilidade e segurança	5	5	5	2
	Durabilidade	5	4	5	5
	Facilidade de uso	5	5	5	3
	Conforto	4	4	5	2
	Eficácia	5	5	5	3
	SUBTOTAL (Dispositivo)	39	38	40	30
Serviços	Entrega	5	5	5	5
	Reparos/assistência técnica	0	0	0	0
	Serviços profissionais	0	0	0	0
	Serviços de acompanhamento	0	0	0	0
	SUBTOTAL (Serviços)	5	5	5	5
TOTAL QUEST		44	43	45	35

Fonte: Autoria própria

Os três itens escolhidos pelo paciente como os mais importantes foram: estabilidade e segurança, conforto e eficácia.

O ABS demonstrou aquecer mais que os demais materiais durante o uso. Confere boa segurança na escrita, sem flexionar durante a utilização. O acabamento oferecia aspereza que causa certo incômodo no polegar.

O PLA demonstrou aquecer menos que o ABS, porém mais que o PETG durante o uso. Confere boa segurança na escrita, sem flexionar durante a utilização. O acabamento interno foi se desfazendo conforme o uso, gerando certa aspereza e incômodo no polegar.

O PETG demonstrou pouco aquecimento em relação aos demais materiais durante o uso. Confere boa segurança na escrita, sem flexionar durante a utilização. O acabamento se manteve sem deformidades ou aspereza na região interna.

O TPU demonstrou aquecer menos que o ABS, porém mais que o PETG durante o uso. Não confere boa segurança na escrita, flexionando excessivamente durante a utilização. O acabamento oferecia aspereza que causa certo incômodo no polegar.

A categoria “Serviços” teve como item “Entrega” como resposta válida, considerando apenas o tempo de fabricação de cada protótipo, que foi de aproximadamente 20 minutos para cada. Os outros itens da categoria “Serviços” não se aplicam neste estudo para este paciente.

5. CONCLUSÃO

Durante a criação do modelo de uma órtese personalizada para portadores de câimbra do escrivão foram consideradas hipóteses de conforto, baseadas na própria anatomia dos músculos do paciente e nas formas de segurar a caneta durante a tarefa da escrita. Foram considerados, para fins de análise, alguns dos materiais mais utilizados nas impressões 3D, pois trata-se de uma tecnologia que está se popularizando, com potencial para facilitar a produção de órteses.

A prototipagem de cada peça feita também teve custos relacionados. Para um mesmo modelo impresso, a órtese feita em PLA foi a mais econômica. Em segundo lugar o PETG, com aumento de 7,89% no valor em relação ao PLA. Em terceiro o ABS, com aumento de 9,47% no valor em relação ao PLA. E por último o TPU, com aumento de 26,32% no valor em relação ao PLA.

A análise de conforto, realizada através da QUEST 2.0, indicou que para o paciente deste estudo, a órtese fabricada com PETG é mais confortável que os demais materiais. O TPU se mostrou a opção menos adequada para produção deste tipo de órtese, para o paciente deste estudo, gerando desconforto ao usuário durante o uso.

Dentre os materiais utilizados, comparando custo-benefício, o PETG foi considerado, pelo paciente deste estudo, o material mais adequado para a produção do modelo de órtese estudado. Apesar da órtese se mostrar benéfica, deve-se levar em consideração que a câimbra do escrivão se trata de uma questão neurológica, e a órtese não deve ser tomada como solução definitiva para o problema. Outra questão observada durante o desenvolvimento do trabalho é a necessidade de adaptação do usuário à órtese, pois ainda há excesso de força durante a escrita, podendo cansar a musculatura se utilizada por muito tempo.

6. TRABALHOS FUTUROS

Apesar dos resultados positivos, mais estudos devem ser realizados para obter conclusões mais precisas e melhorar o conforto no uso da órtese, com isso, alguns trabalhos podem ser desenvolvidos a partir deste, são eles:

- Novos modelos de órteses. No modelo deste trabalho, musculatura envolvida na escrita pode cansar depois de um tempo de uso, modelos diferentes podem se adequar a esta questão;
- Pesquisa de novos materiais. Neste trabalho, o PETG se mostrou o material mais adequado como protótipo durante o uso para o paciente deste estudo. Porém podem existir materiais mais rentáveis do ponto de vista econômico;

- Maior número de usuários. Neste trabalho, foi considerado apenas um paciente portador da câmbra do escrivão. O modelo de órtese pode ser testado e validado por um número maior de indivíduos com a mesma condição.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3D DATA. **Filamento TPU para impressão 3D**. Disponível em: <<https://3ddata.com.br/filamento-tpu/>>. Acesso em: 24 Nov. 2023.

AGNELLI, L. B.; TOYODA, C. Y. **Estudo de materiais para a confecção de órteses e sua utilização prática por terapeutas ocupacionais no Brasil**. Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional, [S. l.], v. 11, n. 2, 2010. Disponível em: <<https://www.cadernosdeterapiaocupacional.ufscar.br/index.php/cadernos/article/view/194>>. Acesso em: 20 Nov. 2023.

ARAÚJO, Marco Poli de *et al.* **Estudo populacional das forças das pinças polpa-a-polpa, tripode e lateral***. 2002. Disponível em: <<https://www.rbo.org.br/detalhes/1636/pt-BR/estudo-populacional-das-forcas-das-pincas-polpa-a-polpa--tripode-e-lateral-#:~:text=Em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20for%C3%A7a%20de,9%2C%20com%20m%C3%A9dia%20de%206kgf>>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

BORGES, Carolina Araújo. **Impressão 3D para órteses, próteses e materiais especiais: cenário da produção e uso potencial de conhecimento no Brasil**. 2021. 139 f. Dissertação (Mestrado em Informação e Comunicação em Saúde) – Instituto de Comunicação e Informação Científica e Tecnológica em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2021.

CAPORRINO, Fábio Augusto *et al.* **Estudo populacional da força de preensão palmar com dinamômetro Jamar**. 1998. Disponível em: <https://cdn.publisher.gn1.link/rbo.org.br/pdf/332/1998_fev_04.pdf>. Acesso em: 25 Nov. 2023.

CARMO, R. L. **Músculos e movimentos dos membros superiores**. Kenhub. 2023. Disponível em: <<https://www.kenhub.com/pt/library/anatomia/musculos-e-movimentos-dos-membrossuperiores>>. Acesso em: 12 Jan. 2024.

CARVALHO, Karla Emanuelle Cotias de *et al.* **Tradução e validação do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) para o idioma português do Brasil**. 2014. Revista Brasileira de Reumatologia, Volume 54, Edição 4, Páginas 260-267, ISSN 0482-5004. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rbr.2014.04.003>. Acesso em: 09 fev. 2024.

CASSELLA, Carly. **Tantalizing Evidence Hints Ancient Humans Had Stone Tools Before Opposable Thumbs**. Science Alert. 2021. Disponível em: <https://www.sciencealert.com/the-earliest-humans-to-make-tools-may-not-have-had-fully-opposable-thumbs>. Acesso em: 24 jan. 2024.

CREALITY. **K1**. 2023. Disponível em: https://www.creality.com/br/?spm=..index.header_1.1&spm_prev=..product_87e87789-21dd44c0-a494-631f77abb208.header_1.1. Acesso em: 20 dez. 2023.

DIAS, L. **Diferenças entre FLEXOR SUPERFICIAL DOS DEDOS e FLEXOR PROFUNDO DOS DEDOS - Anatomia do antebraço.** LMD Lab. 2023. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=gTGqd9uDVkI>>. Acesso em: 21 Dez. 2023.

ELUI, V. M. C. Desenvolvimento de novas tecnologias: órtese cinética para correção do desvio ulnar dos dedos. 2016. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.

ESDE (Epidemiological Study of Dysyonia in Europe - Collaborative Group). **A prevalence study of primary dystonia in eight European countries.** J Neurol. 2000;247(10):787-92. FDA technical considerations for additive manufactured medical devices, 2017.

FEIX, T. et al. **The GRASP Taxonomy of Human Grasp Types.** IEEE Transactions on HumanMachine Systems, 46(1), 66-77. 2016.

FERREIRA, M. C.; TOLEDO, B. S.; REIS, P. H. G. **Desenvolvimento de órtese de punho e mão por manufatura aditiva para pacientes acometidos com LER/DORT: um estudo de caso.** Revistaft, 27(122), 79, 2023. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7913879> Acesso em: 26 Out. 2023.

FERRIGNO, I. S. V. **O uso de órteses em Terapia da mão.** In: Terapia da mão: Fundamentos para prática clínica. São Paulo: Livraria Santos, 2007. p. 123–138.

FESMO. **Conheça os tipos de materiais de filamento para impressão 3d.** 2023. Disponível em: <https://fesmo.com.br/artigos/conheca-os-tipos-de-materiais-de-filamento-para-impressao3d/> Acesso em: 21 Nov. 2023.

GOLDMAN J, G. **Writer's cramp.** Toxicon. Elsevier Ltd; 2015; 107:98-104.

INSTITUTO SALUTE. **Tudo sobre lesões de tendões e nervos nas mãos.** Disponível em: <https://institutosalutesp.com.br/blog/mao-e-microcirurgia/tudo-sobre-lesoes-de-tendoesenervos-maos/>. Acesso em: 25 jan. 2024.

JAVAID, Mohd; HALEEM, Abid. **Additive manufacturing applications in medical cases: a literature based review.** Alexandria Journal of Medicine, vol. 54, no.4, pp. 411-422, 2018.

JONES, Oliver. **Muscles of the Hand.** 2023. Disponível em: <https://teachmeanatomy.info/upper-limb/muscles/hand/>. Acesso em: 21 jan. 2024.

LAYTON, Natasha; MURPHY, Caitlin; BELL, Diane. **From individual innovation to global impact: the Global Cooperation on Assistive Technology (GATE) innovation snapshot as a method for sharing and scaling.** Disability and Rehabilitation: Assistive Technology, vol. 13, no. 5, pp. 486-491, 2018.

LIAW, Chya-Yan; GUVENDIREN, Murat. **Current and emerging applications of 3D printing in medicine.** Biofabrication, vol. 9, no. 2, pp. 1-18, Jun. 2017.

LOPES, J. F. **Projeto de uma órtese para pessoas com distonia focal nas mãos.** Universidade Federal de Grande Dourados – UFGD. Faculdade de Engenharia – FAEN. Dourados, 2021.

MAC DONALD E. M. **Terapia ocupacional em reabilitação**. 4ª ed. Editora Santos. São Paulo, 1998.

MALLMANN, Thiele da Silva. **O uso de impressão 3D no auxílio às pessoas usuárias de órteses: um projeto de design focado em tecnologia assistiva**. Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES - Centro de Ciências Humanas e Sociais - Curso de Design, Lajeado, 2018.

MARSDEN D, SHEEHY MP. **Writer's cramp**. Trends Neurosci. 1990;13(4):148-53.

MATERIALIZA. **Conheça os materiais**. Disponível em: <<https://materializa.com.br/materiais>>. Acesso em: 24 Nov. 2023.

MATWEB. **MatWeb, Your Source for Materials Information**. Disponível em: <https://www.matweb.com/> Acesso em 26 nov. 2023.

MENIN, R. **Como a impressão 3D facilita a nossa vida?**. IFSC. 2022. Disponível em: <https://www.ifsc.edu.br/post-ifsc-verifica/-/asset_publisher/uII70Nv266Xk/content/id/13259109/como-a-impress%C3%A3o-3d-facilitaa-nossa-vida>. Acesso em: 16 Jan. 2024.

OALOO. **O que é impressão 3D? Para que serve a impressora 3D?**. Disponível em <https://www.oaloo.com.br/impressao-3d-vantagens-desvantagens/>. Acesso em: 29 Out. 2023.

PALOUSEK, D; ROSICKY, J; KOUTNY, D; STOKLÁSEK, P; NAVRAT, T. **Pilot study of the wrist orthosis design process**. Rapid Prototyping Journal, v. 20, n. 1, p. 27– 32, 2013.

PATERSON AM, BIBB R, CAMPBELL RI, BINGHAM G. **Comparing additive manufacturing technologies for customised wrist splints**. Rapid Prototyping Journal, v. 21, n. 3, p. 230–243, 20 abr. 2015. Disponível em: 10.1108/RPJ-10-2013-0099%5Cnhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=102280960&lang=pt-br&site=ehost-live. Acesso em: 12 Jan. 2024.

POLYMAKER. **Technical Data Sheet**. Disponível em: <https://polymaker.com/materials/>. Acesso em: 24 Nov. 2023.

RENDER. **Materiais de impressão 3D usados em próteses**. 2019. Disponível em: <https://blog.render.com.br/impressao-3d/materiais-de-impressao-3d-usados%E2%80%8B%E2%80%8Bem-proteses/> . Acesso em: 29 Nov. 2023.

ROMAN-LIU, D. **Analysis of maximum force of tip pinch, lat-eral pinch and palmer pinch in relation to maximum hand-grip force**. Biology of Sport 2003; 20: 303-319. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/47619705_Analyse_of_maximum_force_of_tip_pinch_lateral_pinch_and_palmer_pinch_in_relation_to_maximum_hangrip_force Acesso em: 26 nov. 2023.

SAHARAN, Lokesh; ANDRADE, Monica J.; SALEEM, Wahaj; BAUGHMAN, Ray H.; TADESSE, Yonas. **iGrab: hand orthosis powered by twisted and coiled polymer muscles**. Smart Materials and Structures. Vol. 26, pp. 1-14. Set. 2017.

SANTANA, Leonardo; ALVES, Jorge Lino; NETTO, Aurélio da Costa Sabino; MERLINI, Claudia. **Estudo comparativo entre PETG e PLA para Impressão 3D através de caracterização térmica, química e mecânica.** 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180004.0601>. Acesso em: 22 jan. 2024.

SCHNEIDER, A.S. et al. **Writing kinematics and pen forces in Writer's Cramp: Effects of task and clinical subtype**, Clinical Neurophysiology, Volume 121, Issue 11, 2010, Pages 1898-1907, ISSN 1388-2457, <<https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.04.023>>.

SHEEHY MP, MARSDEN D. **Writer's cramp - a focal dystonia.** Brain. 1982;461-80.

SIME, M.M. et al. **Preensão para escrita manual: prevalência dos diferentes tipos.** Rev Ter Ocup Univ São Paulo. 2014 set./dez.;25(3):242-247. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rto/article/view/81228/91969>>. Acesso em: 25 nov. 2023.

THINGVERSE. **UltiMaker Thingiverse.** 2023. Disponível em: <<https://www.thingiverse.com/>>. Acesso em 16/11/2023

TOFAIL, Syed A.M.; KOUMOULOS, Elias P.; BANDYOPADHYAY, Amit; BOSE, Susmita; O'DONOGHUE, Lisa; CHARITIDIS, Costas. **Additive manufacturing: scientific and technological challenges, market uptake and opportunities.** Materials Today, vol. 21, no. 1, pp. 22-37, Jan. 2018.

TSUI JK, BHATT M, CALNE S, CALNE D. **Botulinum toxin in the treatment of writer's cramp: a double-blind study.** Neurology. 1993;43:183-5.

VALERO-CUEVAS, F. J. et al. **Large index-fingertip forces are produced by subjectindependent patterns of muscle excitation.** Journal of Biomechanics. 31, 693–703 (1998).

VIENA. **Cómo sostener un lápiz: la guía definitiva.** 2023. Disponível em: <https://estilograficasviena.com/como-sostener-un-lapiz-la-guia-definitiva/> Acesso em 25/11/2023

VOLONGHI, P.; BARONIO, G.; SIGNORONI, A. **3D scanning and geometry processing techniques for customized hand orthotics: an experimental assessment.** Virtual and Physical Prototyping, v. 13, n. 2, p. 105–116, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/17452759.2018.1426328>>. Acesso em: 29 Dez. 2023.

WAISSMAN, F. Q. B.; PEREIRA, J. S. **Câimbra do Escrivão: perspectivas terapêuticas.** Revista Neurociências, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 237–241, 2008. DOI: 10.34024/rnc.2008.v16.8638. Disponível em: <<https://periodicos.unifesp.br/index.php/neurociencias/article/view/8638>>. Acesso em: 05 Out. 2023.

WAISSMAN, Flávia Quadros Boisson. **Programa de recuperação motora da escrita na câimbra do escritor.** 2009. Dissertação (Mestrado em Neurociências) - Programa de Pós Graduação Stricto Sensu em Neurologia / Neurociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

World Health Organization. **Priority assistive products lists**. World Health Organization, Geneva, 2016. Disponível em: http://www.who.int/phi/implementation/assitive_technology/global_survey-apl/en/>. Acesso em: 10 Nov. 2023.

XU, Y. X., Juang, J. Y. Measurement of Nonlinear Poisson's Ratio of Thermoplastic **Polyurethanes under Cyclic Softening Using 2D Digital Image Correlation**. *Polymers*, v.13, n.9, 2021, p. 1498. Doi: doi.org/10.3390/polym13091498. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/9/1498/htm>. Acesso em: 24 jan. 2024.

ANEXOS

ANEXO A – Avaliação da satisfação do usuário com a Tecnologia Assistiva de Quebec B-Quest (2.0)

Anexo
Avaliação da satisfação do usuário com a
Tecnologia Assistiva de Quebec
B-Quest (2.0)

Recurso tecnológico: _____
 Nome do usuário: _____
 Data da avaliação: _____

O objetivo do questionário QUEST é avaliar o grau de satisfação com seu recurso de tecnologia assistiva e os serviços relacionados que você usou. O questionário consiste de 12 itens de satisfação.

- Para cada um dos 12 itens, avalie sua satisfação com o recurso de tecnologia assistiva e os serviços relacionados que experimentou, usando a seguinte escala de 1 a 5:

1	2	3	4	5
Insatisfeito	Pouco satisfeito	Mais ou menos satisfeito	Bastante satisfeito	Totalmente satisfeito

- Circule ou marque o número que melhor descreve seu grau de satisfação com cada um dos 12 itens.
- Não deixe nenhuma pergunta sem resposta.
- Em caso de algum item com o qual você não tenha ficado "totalmente satisfeito", comente na seção **comentários**.

Obrigado por completar o questionário QUEST.

1	2	3	4	5
Insatisfeito	Pouco satisfeito	Mais ou menos satisfeito	Bastante satisfeito	Totalmente satisfeito

RECURSO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA
 Qual é o seu grau de satisfação com:

1. as dimensões (tamanho, altura, comprimento, largura) do seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:	1	2	3	4	5
2. o peso do seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:	1	2	3	4	5
3. a facilidade de ajustar (fixar, afivelar) as partes do seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:	1	2	3	4	5
4. a estabilidade e a segurança do seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:	1	2	3	4	5
5. a durabilidade (força e resistência ao desgaste) do seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:	1	2	3	4	5
6. a facilidade de uso do seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:	1	2	3	4	5
7. o conforto do seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:	1	2	3	4	5

• Total QUEST _____

Nos itens de 1 a 12, acrescente a pontuação das respostas válidas e divida esta soma pelo número de itens válidos.

- Os três itens mais importantes de satisfação:

1	2	3	4	5
Insatisfeito	Pouco satisfeito	Mais ou menos satisfeito	Bastante satisfeito	Totalmente satisfeito
RECURSO DE TECNOLOGIA ASSISTIVA Qual é o seu grau de satisfação com: (continuação)				
8. a eficácia do seu recurso de tecnologia assistiva (o quanto seu recurso atende às suas necessidades)? Comentários:				
			1	2
			3	4
			5	
SERVIÇOS Qual é o seu grau de satisfação com:				
9. o processo de entrega (procedimentos, tempo de espera) pelo qual você obteve o seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:				
			1	2
			3	4
			5	
10. os reparos e a assistência técnica (manutenção) prestados para o seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:				
			1	2
			3	4
			5	
11. a qualidade dos serviços profissionais (informações, atenção) que você recebeu pelo uso do seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:				
			1	2
			3	4
			5	
12. os serviços de acompanhamento (serviços de suporte contínuos) recebidos para o seu recurso de tecnologia assistiva? Comentários:				
			1	2
			3	4
			5	

- A seguir, consta uma lista com os mesmos 12 itens de satisfação. ESCOLHA OS 3 ITENS que você considera os mais importantes. Assinale um X nas 3 opções de sua escolha.

- | | |
|---|--|
| 1) Dimensões <input type="checkbox"/> | 7) Conforto <input type="checkbox"/> |
| 2) Peso <input type="checkbox"/> | 8) Eficácia <input type="checkbox"/> |
| 3) Ajustes <input type="checkbox"/> | 9) Entrega <input type="checkbox"/> |
| 4) Segurança <input type="checkbox"/> | 10) Reparos/assistência técnica <input type="checkbox"/> |
| 5) Durabilidade <input type="checkbox"/> | 11) Serviços profissionais <input type="checkbox"/> |
| 6) Facilidade de uso <input type="checkbox"/> | 12) Serviços de acompanhamento <input type="checkbox"/> |

B - QUEST

Folha de pontuação

Esta página destina-se à pontuação de suas respostas.

NÃO ESCREVA NESTA PÁGINA

• Número de respostas inválidas _____

• Pontuação subtotal de Recurso _____

Nos itens de 1 a 8, acrescente a pontuação das respostas válidas e divida essa soma pelo número de itens válidos nesta escala.

• Pontuação subtotal de Serviços _____

Nos itens de 9 a 12, acrescente a pontuação das respostas válidas e divida essa soma pelo número de itens válidos nesta escala.