



O desenvolvimento e confecção de recursos para reabilitação de lesões relativas à mão e ao membro superior através do uso de impressão 3D

The development and manufacture of resources for the rehabilitation of injuries related to the hand and upper limb through the use of 3D printing

El desarrollo y fabricación de recursos para la rehabilitación de lesiones relacionadas con la mano y el miembro superior mediante el uso de la impresión 3D

Helder Clay Fares dos Santos Júnior¹, Ana Paula Marques Ribeiro¹, Jorge Lopes Rodrigues Júnior¹.

RESUMO

Objetivo: Apresentar as possibilidades de desenvolvimento e confecção de recursos de reabilitação para lesões relativas à mão e ao membro superior a partir dessa tecnologia. Bem como, estabelecer uma relação de custo-benefício de seu uso. **Métodos:** A mesma caracteriza-se como quanti-qualitativa, exploratória, descritiva e transversal, o qual utilizou, primordialmente, as técnicas de modelagem e impressão tridimensional para a sua concepção e a fórmula de depreciação para aferição de valores de produção. **Resultados:** A partir do uso da modelagem e impressão 3D foi possível conceber a fabricação de 3 dispositivos, sendo eles: um preensor de pinça, um preensor palmar e um prono-supinador. Esses apresentaram um tempo de impressão satisfatório, ao passo que puderam também ter características essenciais como peso reduzido, bom custo-benefício e serem de fácil higienização. **Conclusão:** Com os dados obtidos, pode-se afirmar que essa tecnologia tem potencial para a dispensação desse tipo de dispositivo, a um preço reduzido e de rápida disponibilidade.

Palavras-chave: Reabilitação, Membro Superior, Lesão.

ABSTRACT

Objective: To present the possibilities of developing and making rehabilitation resources for injuries related to the hand and upper limb using this technology. As well as establishing a cost-benefit ratio of its use. **Methods:** It is characterized as quantitative-qualitative, exploratory, descriptive and cross-sectional, which primarily used modeling and three-dimensional printing techniques for its design and the depreciation formula for measuring production values. **Results:** It is characterized as quantitative-qualitative, exploratory, descriptive and cross-sectional, which primarily used modeling and three-dimensional printing techniques for its design. From the use of 3D modeling and printing, it was possible to conceive the manufacture of 3 devices, namely: a pinch gripper, a palmar gripper and a pronosupinator. These presented a satisfactory printing time, while they could also have essential characteristics such as reduced weight, good cost-effectiveness and being easy to clean. **Conclusion:** With the data obtained, it can be stated that this technology has the potential for dispensing this type of device, at a reduced price and with rapid availability.

Keywords: Rehabilitation, Upper Limb, Injury.

¹ Universidade do Estado do Pará (UEPA), Belém - PA.

RESUMEN

Objetivo: Presentar las posibilidades de desarrollar y fabricar recursos de rehabilitación de lesiones relacionadas con la mano y el miembro superior utilizando esta tecnología. Así como establecer una relación costo-beneficio de su uso. **Métodos:** Se caracteriza por ser cuantitativo-cualitativo, exploratorio, descriptivo y transversal, que utilizó, principalmente, técnicas de modelado e impresión tridimensional para su diseño y la fórmula de depreciación para medir los valores de producción. **Resultados:** A partir del uso del modelado e impresión 3D, fue posible concebir la fabricación de 3 dispositivos, a saber: pinza pinza, pinza palmar y pronosupinador. Estos presentaron un tiempo de impresión satisfactorio, aunque también podrían tener características esenciales como peso reducido, buena rentabilidad y facilidad de limpieza. **Conclusión:** Con los datos obtenidos, se puede afirmar que esta tecnología tiene potencial para dispensar este tipo de dispositivos, a un precio reducido y con rápida disponibilidad.

Palabras clave: Rehabilitación, Extremidad Superior, Lésion.

INTRODUÇÃO

Os membros superiores (MMSS) são uma estrutura complexa formada por subestruturas, como o ombro, braço, antebraço e mão, que, em movimentos sinérgicos e sincronizados, são responsáveis pelo manuseio de objetos e desenvolvimento eficaz das atividades de vida diária (AVD). De forma geral, essa maquinaria performa para que a mão e os dedos possam ser ágeis e efetivos para as atividades as quais o indivíduo se propõe a desempenhar (LIPPERT LS, 2013).

Essa extremidade do MMSS tem 19 graus de liberdades de movimento e tem um importante segmento que difere os seres humanos dos demais animais, o seu polegar em oposição aos demais quirodáctilos. A presença dessa característica permite a execução de uma coordenação motora fina, com uma movimentação mais precisa e sensível, ao passo que, também, promove uma coordenação motora grossa, com a promoção de mobilizações mais globais do membro (PRATT NE, 2011).

Outrossim, o membro superior é dotado, da mesma forma, de um sistema sensorial e tátil aguçado, que proporciona a gradação de velocidade, força e pressão aplicada a determinado corpo, regulado por seu objetivo com o mesmo. Assim, com essa construção, o MMSS, em especial a mão, é capaz de desenvolver tarefas como a escrita, tocar instrumentos e moldar itens ao seu gosto (HIRT B, et al., 2017).

No entanto, quando esse membro passa por uma lesão que afete algum dos seus construtos, a sua funcionalidade pode ficar prejudicada, como visto em fraturas ósseas, rupturas de tendões, lesões nervosas, entre outros. Esses tipos de injúria podem cursar com a perda de mobilidade, com consequente redução da amplitude de movimento (ADM) e da força muscular, atrofia da musculatura adjacente e rigidez. Bem como, impossibilitam, muitas vezes, o desenvolvimento de habilidades uni e/ou bimanuais (GOLSHANI K, et al., 2018; RIBAK S, et al., 2018).

Proporcionalmente a instalação desses déficits, o desempenho ocupacional torna-se deficitário, ao privar a pessoa da participação social em ambientes de trabalho, lazer, esportes, e também ao restringir o mesmo de desempenhar, de maneira independente, suas atividades básicas e de automanutenção (RIBAK S, et al., 2018).

Nesse sentido, visando a prevenção, reversão e/ou evolução do quadro associado as patologias relativas aos membros superiores, faz-se necessário que a equipe multiprofissional esteja a par dos recursos que podem ser utilizados para a aplicação nesse cenário, visando o restabelecimento salutar do indivíduo (BRASIL, 2015). Sendo assim, a Terapia Ocupacional é a profissão habilitada a utilizar os processos presentes no ocupar-se e nos déficits relativos a esse para promover, prevenir e reabilitar em saúde, atuando nessas demandas traumato-ortopédicas. Para tanto, esse profissional utiliza como mediadores diferentes técnicas e recursos terapêuticos, podendo também idealizá-los e desenvolvê-los por diferentes meios de produção (CONSELHO FEDERAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL, 2022).

Dentre os que podem ser aplicados no tratamento das condições apresentadas citam-se os preensores palmares, preensores de pinça, prono-supinadores, ábacos e os protocolos de atividade e exercício. Essas são tecnologias de reabilitação de cunho específico, com potencial terapêutico singular, pois conseguem estimular individualmente os componentes, porém, em associação com diferentes tarefas, podem produzir estímulos globais ao paciente.

Todavia, a disponibilidade desses instrumentos nos sistemas de saúde nem sempre é satisfatória, devido a sua baixa disponibilidade de mercado e/ou alto custo, que, na maioria das vezes, inviabiliza a sua aquisição e consequente emprego na reabilitação nos diferentes âmbitos de trabalho, sejam eles ambulatorial, hospitalar ou de atenção básica. Por esse motivo, atualmente, surgem novos meios de produção desses artigos para reabilitação, destacando a ascensão da modelagem e impressão tridimensional para esse fim. Com a presente técnica é possível a criação, confecção e modificação dos objetos desejados, com alto grau de especificidade, permitindo a adequação singular às necessidades do indivíduo atendido (ZADPOOR A e MALDA J, 2017).

Além disso, é possível promover um melhor custo-benefício para eles, devido aos materiais a serem utilizados apresentarem baixo custo e o próprio setup de produção não ser tão complexo. Ademais, pode-se dizer que os produtos manufaturados com essa tecnologia têm uma resistência a choques mecânicos e suportam altas temperaturas, além de poderem ser biodegradáveis. Estas características vão depender do tipo de filamento utilizado para a impressão (NETO AS, 2016; SILVA NR, 2018; RAJKUMARI K, et al., 2018).

Portanto, reconhecendo a tecnologia 3D como uma potencial alternativa para a dispensação desses subsídios para utilização na recuperação dos atendidos, objetiva-se com esse estudo apresentar as possibilidades de desenvolvimento e confecção de recursos de reabilitação para lesões relativas à mão e ao membro superior a partir dessa tecnologia. Bem como, estabelecer uma relação de custo-benefício de seu uso.

MÉTODOS

A presente pesquisa se caracteriza como quantitativa, analítica, descritiva e transversal, sem intervenção. Segundo Prodanov CC e Freitas EC (2013), pode-se classificar a pesquisa quantitativa como o modelo que busca quantificar os objetos, transcrevendo opiniões em números de forma a classificá-los e analisá-los.

Foi utilizado para modelagem tridimensional o aplicativo do tipo *Computer Aided Designe* (CAD) da empresa Autodesk chamado Fusion 360TM. Ele é a primeira ferramenta 3D criada para a execução em três sistemas feita para auxiliar os usuários a realizar seus objetivos de forma rápida e eficiente. O mesmo possui alguns requisitos do computador para que haja sua melhor execução e performance como sistema operacional, tipo de Central Process Unit (CPU), memória, placa de vídeo, espaço de disco, dispositivo apontador e internet (AUTODESK, 2019).

Além disso, utilizou-se um aplicativo que será responsável pela impressão das peças, o denominado Ultimaker Cura versão 4.13. Ele é considerado um software de corte, ou “fatiamento”, onde traduz modelos 3D para códigos entendíveis para a impressora 3D, sendo fator importante a precisão dessa transcrição para a eficiência da manufatura (ULTIMAKER, 2020).

Esse *software* permite mudar o posicionamento dos objetos para impressão, o próprio fatiamento das peças, o acompanhamento e simulação da impressão de forma prévia, assim como realizar comandos específicos para cada manufatura, modificando o *script* (conjunto de instruções para que uma função seja executada em determinado aplicativo). O aplicativo tem compatibilidade com os sistemas operacionais Windows, Linux e Mac (ULTIMAKER, 2020).

Os dispositivos foram impressos na impressora 3D da marca Two Trees, modelo Bluer V3, que apresenta em seu manual a descrição de que funciona a partir do método chamado fused filamento fabrication (FFF), anteriormente chamado de *fused deposition modelling* (FDM). O processamento dá-se através da sobreposição de camadas de plástico fundido, que, a partir da sua ordenação e empilhamento, tomam a forma

do objeto 3D. Para que haja o posicionamento correto desses fios plásticos é necessária a utilização de um “fatiador”, como o Ultimaker Cura 4.13, que irá processar e converter, conforme as variáveis configuradas, o dado objeto 3D em um G-Code.

Esse código será analisado pela impressora, e com ele poderá começar a imprimir. O referido código é simples que irá dar instruções à impressora a respeito das coordenadas que ela deve seguir, bem como a quantidade de material a ser depositado, além de certos comandos específicos para a impressora.

Utilizou-se como matéria-prima para a produção do dispositivo o filamento ácido polilático (PLA), que é um material de origem biodegradável, sendo construído a partir de cana-de-açúcar e/ou amido de milho. Ele possui boa resistência mecânica e facilidade de uso, sendo possível a sua aplicação em diferentes modelos e tipos de impressoras. Escolheu-se este devido às características mencionadas anteriormente, além de ser de fácil acesso e ser passível de reciclagem.

Foram utilizados os princípios do projeto conceitual, que se caracteriza pela produção do conceito do produto, ou seja, como ele será desenvolvido para serem alcançados os benefícios básicos, sendo estes últimos o que o objeto irá fornecer como vantagem ao consumidor em seu cerne (BAXTER M, 2011).

E também foi desempenhado o planejamento de produto, definindo-se este como o processo de definição da qualidade do que está em produção, bem como sua especificidade e desdobramento funcional. Essa fase permite ao desenvolvedor conferir a quantas anda o seguimento da peça e analisar se a mesma está seguindo o especificado em seu planejamento e, a partir daí, dar prosseguimento ao seu desempenho ou realizar sua reformulação (BAXTER M, 2011).

Associou-se o uso da fórmula de depreciação proposta por Lopes H (2021), sendo essa o desgaste da impressora 3D a cada hora de uso, sendo essa empregada visto que não se deve expressar o custo integral da impressora 3D para apenas uma peça, então esse se demonstrou como a forma mais coerente para expor os custos de aquisição desse maquinário. O cálculo dessa representação é feito pela seguinte fórmula:

$$\text{Depreciação} = \frac{(\text{Valor novo} - \text{Valor sucateado})}{\text{Vida útil}}$$

Esses itens caracterizam-se como: 1) valor novo: valor pago pela impressora; 2) valor sucateado: valor estimado quando ela for sucata, ou estiver no limite da depreciação; 3) vida útil: e o tempo que se estima que tenha bom funcionamento em horas.

Foi assumido o valor de 3840 horas para a vida útil da máquina, considerando dias úteis de uma semana comum, com 8 horas de trabalho durante 2 anos. Além de ter o valor como nova de R\$ 2.650,00 e de sucata de R\$ 500,00.

Assim, tem se a equação:

$$\text{Depreciação} = \frac{(2650 - 500)}{3840} = \text{R\$ } 0,56/\text{hora (h)}$$

Nesse sentido, será adicionado R\$ 0,56/h ao custo de produção final dos utensílios.

RESULTADOS

Preensor de pinça

Esse é um recurso usado na reabilitação, essencialmente, de lesões que afetem, especialmente, a musculatura intrínseca da mão, podendo ser representada por fraturas metacárpicas, rupturas traumáticas de tendões e nervos dessa região e/ou patologias específicas, como a rizartrose.

Tendo isso em vista, construiu-se esse produto com a apresentação que possa enfatizar tais componentes e possibilite o melhor treinamento desses. Nas **Figuras 1 A e B** é possível observar a sua representação tridimensional e o pós fabricação por impressão tridimensional, respectivamente.

Figura 1 A - Representação tridimensional do preensor de pinça

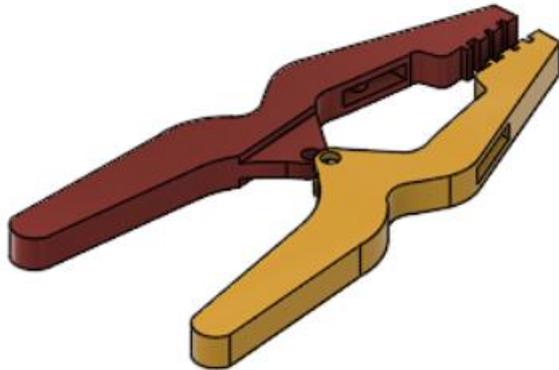


Figura 1 B- Pós manufatura do preensor de pinça.



Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

Analisa-se que o mesmo conta com duas hastes articuladas em seu centro, a qual é fixada por um rebite niquelado número 3 e tem sua resistência mecânica fornecida por uma mola, a qual oferta uma resistência razoável ao movimento. Porém, essa oposição de forças pode ser aplicada também através de ligas elásticas, promovendo a graduação de força necessária. A sua usabilidade é indicada para pacientes que apresentem grau de força 4 ou superior, conforme a Escala de Oxford Modificada.

Quanto a sua construção material, foi fabricado contendo 15% de preenchimento do tipo giróide, com 4 paredes externas medindo 0.5 milímetros (mm) cada, altura de camada de 0.25 mm e velocidade de 60mm/s. Foram empregados tais valores pois esses demonstram a relação mais eficiente entre tempo de impressão/custo/resistência mecânica.

Com o uso dessas especificações, o preensor de pinça obteve tempo de impressão de 3 h e peso, somente com filamento, de 33 gramas (g). Após o posicionamento da mola e do rebite niquelado, esse número passou a ser de 39 g. No que se trata ao seu custo de produção, o mesmo está expresso na **Tabela 1** a seguir:

Tabela 1 - Gastos empregados para produção do preensor de pinça.

Item	Quantidade	Custo
Filamento	33 g	R\$ 4,32
Energia elétrica	3 KW	R\$ 2,40
Insumos para montagem	1 mola e 1 rebite niquelado	R\$ 3,10
Depreciação	R\$ 0,56/h	R\$ 1,68
Total		R\$ 11,50

Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

Tomou-se como referência para o cálculo os preços de R\$ 130,00 para 1 kg de filamento PLA e de R\$ 0,8/KWh em Belém do Pará.

Preensor palmar

Esse preensor é voltado a uma ação de ordem mais global da extremidade do membro superior, a prensão palmar, envolvendo a movimentação da musculatura intrínseca e extrínseca desse segmento. As suas injúrias podem ser elencadas por fraturas da extremidade distal do rádio, afecções nervosas, como neurite do nervo radial, e por causas patológicas, como Hanseníase e Síndrome do Túnel do Carpo.

A sua constituição é formada por 3 pilares atravessadas por 2 barras metálicas que sustentam o dispositivo. Como mostrado nas **figuras 2A e B**, o pilar (1) é o responsável pela acoplagem da palma da mão e afixa a região anterior das hastes, além de fazer a oposição ao pilar (2), onde ficam posicionados os dedos, que fazem a tração em direção a face palmar.

Já o pilar (3) responsabiliza-se pela fixação posterior das hastes e acopla as ligas que fazem a resistência ao movimento, junto ao pilar (2). Da mesma forma que o preensor de pinça, para o seu emprego requisita-se a presença de grau de força 4, em conformidade a Escala de Oxford Modificada.

A concepção material desse preensor foi a mesma do preensor de pinça, representando uma tenacidade eficaz a impactos mecânicos. Assim, o tempo de confecção do mesmo foi de 5 h, com gasto de 63 g de filamento, onde, após a colocação das hastes metálicas, esse peso passou a ser de 95 g. Os valores investidos para a sua fabricação estão demonstrados a seguir:

Figura 2 A - Representação tridimensional do preensor palmar.

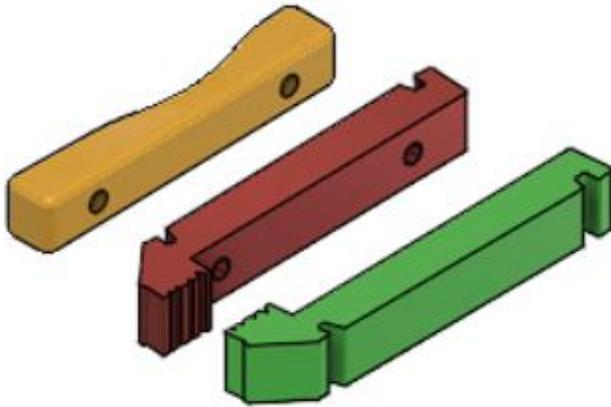
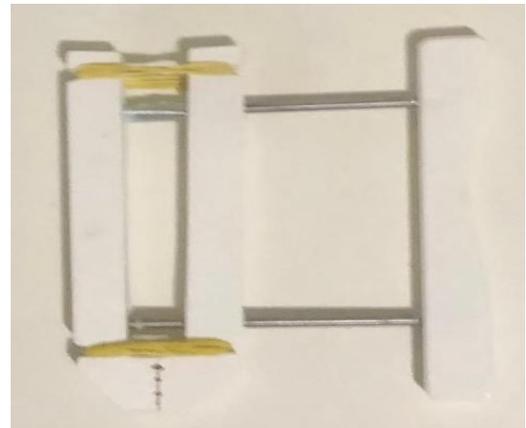


Figura 2 B - Pós manufatura do preensor palmar.



Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

Tabela 2 - Gastos empregados para produção do preensor palmar.

Item	Quantidade	Custo
Filamento	63 g	R\$ 8,19
Energia elétrica	5 KW	R\$ 4,00
Insumos para montagem	60 cm de haste metálica	R\$ 8,5
Depreciação	R\$ 0,56/h	R\$ 2,8
Total		R\$ 23,49

Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

Prono-supinador

Esse recurso (**Figuras 3 A e B**) direciona-se a atender as demandas da musculatura pronadora e supinadora do membro superior, a qual realiza a rotação do antebraço, punho e mãos. As afecções que podem exigir o uso dessa tecnologia de reabilitação são caracterizadas pela epicondilite medial e lateral, fratura de Galeazzi e fratura isolada da ulna.

Figura 3 A - Representação tridimensional do prono-supinador.



Figura 3 B - Pós manufatura do prono-supinador.



Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

Ele é composto por 2 componentes, sendo eles (1) circunferência externa e (2) barra central, os dois são afixados por 2 parafusos em extremidades opostas. O item (2) é onde acopla-se a mão do paciente e se realiza o movimento de prono-supinação. Os padrões usados para a sua fabricação foram conter 5% de preenchimento do tipo giróide, com 3 paredes externas medindo 0.5mm cada, altura de camada de 0.25mm e velocidade de impressão de 60 mm/s.

Os parâmetros para manufatura desse objeto se diferiram dos demais devido a não necessidade de resistência a estresse mecânico, sendo uma peça que irá apenas ter a carga do membro acoplado. Para seu uso demanda-se ter grau de força 3, conforme a classificação da Escala de Oxford Modificada.

Tendo essas configurações como base, o produto levou 7 h para a sua finalização, tendo um gasto material de 81 g, sendo seu peso final com os dois parafusos de 90 g. A distribuição de gastos para a sua prototipagem está representada a seguir na **Tabela 3**:

Tabela 3 - Gastos empregados para produção do prono-supinador.

Item	Quantidade	Custo
Filamento	81 g	R\$ 10,55
Energia elétrica	7 KW	R\$ 5,6
Insumos para montagem	2 parafusos	R\$ 0,50
Depreciação	R\$ 0,56/h	R\$ 3,92
Total		R\$ 20,57

Fonte: Santos Júnior HCF, et al., 2023.

DISCUSSÃO

As lesões relativas ao membro superior, sejam elas fraturas, tendinopatias lesões por esforço repetitivo (LER) e distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), tem se tornado um importante problema de saúde pública. Onde, como referido no estudo de Campos FA e Fernandes LFRM (2017), no período de 2007 a 2015, houveram 430 casos notificados de injúrias nesse segmento.

Com esses dados, pondera-se que esse número representa um elevado índice de pacientes que necessitariam de um plano reabilitatório que envolvam o uso de recursos como os aqui expostos, representando sua aplicabilidade clínica. Nesse sentido, a modelagem e a impressão tridimensional podem ser agente facilitador do acesso a esses instrumentos. Visto que é capaz de produzir artefatos, com alto grau de especificidade, obedecendo, da mesma forma que meios tradicionais de confecção, as características individuais de cada pessoa, fabricando utensílios confortáveis e adequados as demandas requisitadas. Esse fator torna-se imprescindível na área da saúde, em especial na Terapia Ocupacional, pois confere mais um meio competitivo de fabricação desses equipamentos (ZADPOOR A e MALDA J, 2017).

Além disso, com essa tecnologia, possibilitou-se a construção de recursos para a reabilitação com peso reduzido, tendo massa inferior à de um aparelho celular convencional. O que favorece a redução do incômodo e aumenta a funcionalidade de uso, devido a já existir a força gravitacional agindo sobre o membro, então ser menos pesado contribui com o desempenho das atividades (CHEN YJ, et al., 2017; LIN H, et al., 2017). Assim como, essa tecnologia promove a possibilidade de serem feitas mudanças pontuais e de fácil aplicação, pois o arquivo gerado tem total liberdade para edição e customização, podendo ser readequado a demandas emergentes, como o surgimento de pontos de pressão ou por desgaste natural das peças, e/ou ser reaproveitado para a produção para outros pacientes. Esse processo otimiza o tempo de confecção, sendo esse de 15 horas para os 3 equipamentos inferior ao expresso na literatura que gira em torno de 25 horas, e reduz a necessidade de extensa mão de obra (CHAE DS, et al., 2020; ZUNIGA J, et al., 2015).

Além de ser passível a transformação do seu desenho, com mudanças físico-estruturais, como as presentes no design generativo, onde o projetista apropria-se de propriedades de códigos e algoritmos produzidos por um software de modelagem para gerar alternativas para construção de uma estrutura externa singular que, do mesmo modo, possa atingir os objetivos propostos pelo modelo original, no entanto apresentando uma nova concepção de distribuição de massa e organização espacial (CERQUEIRA LC, 2022).

Outrossim, a sua disponibilização como de acesso aberto (também chamado open source) à comunidade pode ter acesso aos projetos, podendo reproduzi-los, bem como alterá-los para atender a sua realidade e requisitos dos atendidos. O que permite subsidiar possíveis desenvolvimentos de outros instrumentos que possam ter a mesma finalidade e/ou atendam sintomas de outras patologias e condições. Outro ponto de ressaltado é o custo reduzido resultante de suas impressões, onde o valor final foi de R\$ 55,56, gasto que foi inferior ao expresso na literatura, conforme afirma Xu G, et al. (2017) que relata valores em torno de 20 dólares para o desenvolvimento de dispositivo de Tecnologia Assistiva. Além disso, para a sua efetividade não são requisitados muitos insumos e um setup complexo para prover o serviço. No entanto, destaca-se que nessa despesa não estão incluídas as custas referentes aos honorários de consultoria para prescrição do dispositivo por profissional habilitado.

E em casos de não possuir o equipamento, existem empresas que cobram por hora de impressão para realizar o processo, esse valor sendo estratificado entre 15 e 20 reais por hora. No caso dos dispositivos apresentados, esse custo iria girar em torno de R\$ 225,00 a R\$ 300,00 adicionados aos insumos para montagem, pois não haveriam gastos com filamento e/ou energia elétrica.

CONCLUSÃO

Com isso, objetivou-se com o presente estudo apresentar as possibilidades de desenvolvimento e confecção de recursos de reabilitação para lesões relativas à mão e ao membro superior a partir da impressão tridimensional. Bem como, estabelecer uma relação de custo-benefício de seu uso. Com os dados obtidos, pode-se afirmar que essa tecnologia tem potencial para a dispensação desse tipo de dispositivo, a um preço reduzido, no entanto mantendo a qualidade do mesmo. Além de contribuir com o cenário pandêmico atual, por ser um material de fácil higienização e reutilização, devido ao seu caráter plástico, sem a necessidade de descarte imediato. Ressalta-se também que essas características contribuem com o acesso da população de baixa renda, especialmente, as residentes na região norte, onde, muitas vezes, esses recursos são escassos ou inexistentes.

REFERÊNCIAS

1. AUTODESK. Fusion 360. 2022. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>. Acesso em 16 abr 2022.
2. BAXTER M. Projeto de Produto: guia prático para o design de novos produtos. 3º ed. São Paulo: Blucher, 2011, 344 p.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2015, 68 p.
4. CAMPOS FA e FERNANDES LFRM. Caracterizar o Perfil Clínico e Sociodemográfico dos Pacientes com Trauma no Punho e Mão Atendidos no Ambulatório de Mão e Membro Superior. *Interinstitutional Brazilian Journal of Occupational Therapy*, 2017; 1(4): 499-508.
5. CERQUEIRA LC. O DESIGN GENERATIVO EM PROJETOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL. Monografia (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022, 108 p.
6. CHAE DS, et al. The functional effect of 3D-printing individualized orthosis for patients with peripheral nerve injuries: Three case reports. *Medicine*, 2020; 99(16): 1-10.
7. CHEN YJ, et al. Application of 3D-printed and patient-specific cast for the treatment of distal radius fractures: initial experience. *3D printing in medicine*, 2017; 3: 1-11.
8. CONSELHO FEDERAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL. Terapia Ocupacional. Definição. 2022. Disponível em: https://www.coffito.gov.br/nsite/?page_id=3382. Acessado em: 18 maio 2022.
9. GOLSHANI K, et al. Upper Extremity Weightlifting Injuries: diagnosis and management. *Journal of Orthopaedics*, 2018; 15(1): 24-27.
10. HIRT B, et al. Hand and Wrist Anatomy and Biomechanics. Rio de Janeiro: Thiemi, 2017, 117 p.
11. LIN H, et al. A rapid and intelligent designing technique for patientspecific and 3D-printed orthopedic cast. *3D Print in Medicine*, 2017; 2(1): 1-10.
12. LIPPERT LS. Cinesiologia Clínica e Anatomia. Tradução de Maria de Fátima Azevedo, Cláudia Lúcia Caetano de Araújo. 5º ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013, 348 p.
13. LOPES H. Custeando impressões e precificando produtos. *Impresso3D*, 2021; 9:14-16.
14. NETO AS. Filamentos para impressão 3D: o que você precisa saber. 2016. Disponível em: <http://blog.wishbox.net.br/2016/05/24/filamentos-para-impressao-3d/>. Acessado em: 15 de abril de 2022.
15. PRATT NE. Anatomy and Kinesiology of the Hand. In: SKIRVEN TM, et al. *Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity*. 6nd ed. Philadelphia: Elsevier, 2011; 2191 p.
16. PRODANOV CC e FREITAS EC. Metodologia do Trabalho Científico [recurso eletrônico]: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2º ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013, 276 p.
17. RAJKUMARI K, et al. Three-Dimensional PrintingA Revolutionary Technology. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 2018; 12(12): 12-18.
18. RIBAK S, et al. Epidemiology of Traumatic Injuries of the Upper Limbs in a University Hospital. *Acta Ortopédica Brasileira*, 2018; 26(6): 370-373.
19. SILVA NR. Projeto de uma prótese mioelétrica de baixo custo manufaturada via impressão 3D. Monografia (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018, 107 p.
20. ULTIMAKER. Ultimaker Cura. 2020. Disponível em: <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura>. Acessado em: 16 de abril de 2022.
21. XU G, et al. Three-dimensional-printed upper limb prosthesis for a child with traumatic amputation of right wrist: a case report. *Medicine*, 2017; 95(52): 1-5.
22. ZADPOOR A e MALDA J. Additive Manufacturing of Biomaterials, Tissues, and Organ. *Annals of Biomedical Engineering*, 2017; 45(1): 1-11.
23. ZUNIGA J, et al. Cyborg beast: a low cost 3D-printed prosthetic hand for children with upper- limb differences. *BMC Reserch Notes*, 2015; 10(8): 1-8.