

<https://eventos.utfpr.edu.br/sei/sei2018>

## Desenvolvimento de produtos de auxílio para vida diária em manufatura aditiva: dois estudos de caso

### Development of daily living aids in additive manufacturing: two case studies

**João Vitor Leão Silveira Dourado**  
[joaovitor.leao@yahoo.com.br](mailto:joaovitor.leao@yahoo.com.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**Paloma Hohmann Poier**  
[palomahoh@gmail.com](mailto:palomahoh@gmail.com)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

**José Aguiomar Foggiatto**  
[foggiatto@utfpr.edu.br](mailto:foggiatto@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

#### RESUMO

A ausência parcial ou total de um membro, seja por adversidades durante a gestação ou por amputação, é um caso extremamente comum na população mundial e pode causar problemas psicológicos e interpessoais tanto pela questão estética quanto pela funcional. O objetivo deste trabalho é descrever o processo de criação de dois produtos de auxílio para a vida diária mostrando como é possível a pesquisa e desenvolvimento de tecnologia nas áreas de engenharia e saúde andar lado a lado. Os estudos de caso foram realizados com 2 pacientes de faixa etária próximas, mesmo sexo e com disfunções semelhantes, porém com objetivos e complexidades diferentes. Para o desenvolvimento das adaptações foram consideradas as necessidades dos pacientes de forma a proporcionar uma maior qualidade de vida. As soluções desenvolvidas serão disponibilizadas para uso por instituições e empresas dispensadoras de órteses, podendo servir de base para solucionar problemas futuros.

**PALAVRAS-CHAVE:** Adaptação. Vida diária. Tecnologia assistiva. Manufatura aditiva. Impressão 3D.

#### ABSTRACT

Partial or total absence of a limb, whether by adversity during pregnancy or by amputation, is an extremely common case in the world population and can cause psychological and interpersonal problems both by the aesthetic and by the functional question. The objective of this work is to describe the process of creating two products of assistance for daily life showing how it is possible the research and development of technology in the areas of engineering and health can go hand in hand. The case studies were performed with 2 patients of the same age group, same sex and with similar dysfunctions, but with different goals and complexities. For the development of adaptations, the patients' needs were considered in order to provide a higher quality of life. The solutions developed will continue to be tested and made available for use by institutions and companies that deliver orthotics, and can serve as a basis for solving future problems.

**KEYWORDS:** Adaptation. Daily life. Assistive technology. Additive manufacturing. 3D printing.

**Recebido:** 31 ago. 2018.

**Aprovado:** 13 set. 2018.

#### Direito autoral:

Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

A utilização de próteses e adaptações se tornou parte do processo de recuperação em pacientes que passam por amputações no momento em que médicos aprenderam a estancar o sangramento do procedimento ocasionando a obtenção de um coto útil (PUTTI, 2005, p. 310-325).

A impressão 3D, também conhecida como manufatura aditiva, ganhou força em seu desenvolvimento e pesquisa na década de oitenta com o lançamento do primeiro equipamento comercial, apesar do conceito já existir desde o século XIX (VOLPATO; CARVALHO, 2017, p. 19-23). Atualmente essa tecnologia permite, com o auxílio do escaneamento fotométrico ou a laser, criar órteses, próteses e adaptações de forma menos invasiva e com estruturas mais fiéis à geometria do seguimento corporal do paciente (KIM; JEONG, 2015, p. 5151-5156).

Alguns autores (TELFER et. al., 2012; PALLARI et. al., 2010, p. 1750; KELLY et. al., 2015) afirmam que a produção de órteses e adaptações por meio de manufatura aditiva apresentam diversas vantagens, das quais Paterson et al. (2012) destaca: alto grau de conformação anatômica e personalização, além da possibilidade do uso de novos materiais.

Por esses motivos e vantagens, a manufatura aditiva vem sendo considerada precursora de uma nova revolução industrial por conta das modificações que vem causando tanto na indústria de manufatura quanto na pesquisa científica (BARNATT, 2013).

## MÉTODOS

Neste trabalho serão descritos o processo de desenvolvimento, peculiaridades e desafios na produção de duas adaptações para auxílio para vida diária que foram produzidas em sequência e com objetivos semelhantes, porém com complexidades e exigências diferentes. A metodologia utilizada nesta atividade foi dividida em 3 partes: estudo das informações básicas do caso, desenvolvimento de soluções para o caso e execução do projeto. As etapas anteriores, entrevista com o paciente, obtenção do modelo em gesso do membro a receber a adaptação e etapa posterior de entrega da peça e avaliação de sua eficácia foram realizadas por terapeutas ocupacionais.

Para a confecção das peças foram utilizadas as máquinas 3DCloner® modelo DH+ com filamentos em poliácido láctico (PLA) e uma Stratasys® modelo UPrint® SE 3D Printer com filamentos em acrilonitrila butadieno estireno (ABS), fitas com sistema gancho e argola (conhecidas popularmente como Velcro®) para auxílio na fixação das peças aos segmentos corporais, anéis de vedação O-Ring e fitas em látex da marca Mercur®, além dos softwares de digitalização e modelagem 3D Autodesk® Recap™ Photo, Autodesk® 3ds Max™, Dassault Systèmes® Catia™ V5 e Dassault Systèmes® SolidWorks™.

## CASO 1 – ADAPTAÇÃO PARA USO DE FACA NA ALIMENTAÇÃO DIÁRIA

**Estudo das informações básicas do caso.** O primeiro caso é relacionado à uma pessoa onde houve uma má formação da mão direita durante a gestação e que ocasionou na ausência dos dedos.

A adaptação foi solicitada sob os seguintes parâmetros: possibilitar o uso da faca no momento da refeição proporcionando independência ao usuário, facilidade de fixação/retirada da peça no segmento corporal e simultaneamente ter rigidez o suficiente para suportar as forças durante o uso sem oferecer riscos, ser discreta e impressa na cor preta.

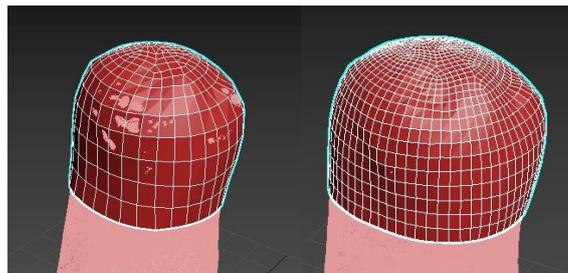
**Desenvolvimento de soluções para o caso.** A peça foi planejada para ter o mínimo de detalhes, sendo incluso na adaptação apenas o necessário à geometria, o suporte para a lâmina da faca, aberturas na região inferior para posterior fixação das fitas de Velcro® que são utilizadas para o acoplamento ao seguimento corporal e por fim aberturas nas laterais com o objetivo de deixar a peça mais leve e possibilitar a ventilação.

**Execução do projeto.** O processo de produção teve início na digitalização da geometria a partir do modelo em gesso por meio do programa de digitalização por fotos Recap™ Photo, vale lembrar que este programa não oferece precisão dimensional no momento da digitalização da peça, sendo necessária a aplicação de escala para que o modelo real e do digital tenham mesmas dimensões. Foram realizadas marcações no modelo real antes da digitalização para melhorar a qualidade da malha gerada e para realizar medições posteriores.

Após o processo de digitalização e acerto das dimensões da peça o modelo tridimensional foi importado para o programa 3ds Max™, onde foi realizada a cópia da geometria do coto do paciente, este processo acontece da seguinte forma: importado o modelo no formato .STL cria-se em seu entorno uma segunda malha no formato que melhor se adequa à peça, convertendo-a em um polígono editável. Dessa forma será possível por meio de comandos de conformação capturar a forma da malha original.

O processo de conformação da segunda malha sobre a original é uma das etapas mais demoradas e visa criar-se uma geometria que irá cobrir apenas a área necessária para o produto final. Após a conclusão da conformação aumentou-se a resolução da malha por meio do comando TurboSmooth que quadriplica o número de quadrados da superfície. Este processo foi repetido mais duas vezes para que assim fosse obtido uma alta fidelidade entre as duas malhas (Figura 1).

Figura 1 – Exemplo do uso do comando TurboSmooth



Fonte: Autoria própria (2018).

Neste ponto do processo tinha-se uma malha com dimensões e características altamente fiéis à geometria original, mas ainda era uma superfície e precisava receber uma espessura para que assim fosse possível tê-la como peça tridimensional, para isso foi usado o comando Shell com uma espessura de 3 milímetros. A aplicação do comando de casca na malha descrita anteriormente criou-se um novo problema, o aparecimento de arestas que poderiam gerar desconforto ao usuário no uso do produto final, para solucionar este problema aplicou-se o comando TurboSmooth uma última vez, o que suavizou estas arestas.

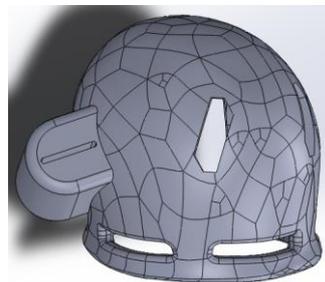
A etapa final consistiu em salvar no formato STL apenas o arquivo da malha gerada para que assim fosse possível exportá-la o próximo programa de modelagem do produto. Vale salientar que pela quantidade de faces geradas o arquivo tornou-se pesado demais para a capacidade de processamento do programa SolidWorks™ e isso foi solucionado utilizando-se o programa Catia™ V5 convertendo o modelo do formato .STL para o formato .igs (Initial Graphics Exchange Specification) o que a tornou suficientemente mais leve sem reduzir a qualidade.

Com a geometria base do produto finalizada deu-se início às modelagens segundo as exigências do paciente. Foram eleitas 3 alterações relevantes: adição da geometria que daria suporte à lâmina da faca e abertura dos furos que seriam utilizados para acoplar os elásticos para a fixação no antebraço do paciente e dos furos utilizados para reduzir o peso da peça final e possibilitar a ventilação (Figura 2).

Como descrição e leveza estavam entre os requisitos principais do projeto concluiu-se que a melhor forma de se fixar a lâmina para o corte de alimentos seria retirando-se seu cabo e utilizando-se da própria peça para exercer a função do mesmo. A fixação se deu por meio de engaste, no momento da modelagem criou-se uma abertura com dimensões ajustadas em relação às da lamina da faca, além também do auxílio de supercola para garantir que ela não se soltasse durante o uso garantindo a segurança do usuário.

As aberturas para fixação dos elásticos e ventilação foram realizadas segundo supervisão da terapeuta ocupacional orientadora do projeto.

Figura 2 – Modelo final para impressão



Fonte: Autoria própria (2018).

Por fim a peça foi impressa em PLA na cor preta (Figura 3) em uma máquina 3DCloner® modelo DH+ com uma altura de camada de 0,125 milímetros para garantir uma maior qualidade superficial e entregue à equipe de terapeutas para que recebesse os últimos ajustes e fosse encaminhada e avaliada pelo paciente.

Figura 3 – Modelo finalizado



Fonte: Autoria própria (2018).

## CASO 2 – ADAPTAÇÃO MULTIFUNCIONAL PARA A VIDA DIÁRIA

**Estudo das informações básicas do caso.** O segundo caso é relacionado a uma pessoa que passou por um processo de amputação completa da mão e de metade do antebraço esquerdo após sofrer uma eletrocussão.

A adaptação foi solicitada sob os seguintes parâmetros: possibilitar o uso de tablets e celulares, facas no momento da refeição e amarração de cadarço. Diferente do Caso 1, neste o paciente salientou que as funcionalidades do produto eram mais importantes do que o aspecto de forma e que fosse fácil a troca das ferramentas entre si, proporcionando independência e conforto.

**Desenvolvimento de soluções para o caso.** Durante todo o processo de desenvolvimento do produto foi estabelecido o requisito de que no momento da utilização o braço direito e o braço esquerdo com a adaptação, ambos deveriam ter o mesmo comprimento para garantir a ergonomia e conforto do paciente visto que ele estava habituado a ter esse comprimento do membro.

Antes mesmo do início das modelagens notou-se que por conta da maior complexidade e exigências do projeto seria necessário também uma impressora com precisão e garantia de qualidade de impressão maiores do que no caso descrito anteriormente, por conta disso optou-se pelo uso de uma Stratasys® modelo UPrint® SE, principalmente pelo fato dela ser capaz de imprimir os suportes da peça em material solúvel.

A adaptação completa foi dividida em 3 partes: o porta-ferramentas, peça que iria ser acoplada ao seguimento corporal; as ferramentas (utensílios possíveis de se trocar possibilitando a customização da adaptação); e a porca, peça que garantiria a fixação das ferramentas no porta-ferramentas.

O porta-ferramentas foi idealizado para ter um funcionamento semelhante às pastilhas de um sistema de freios automotivos, ao serem comprimidos pela porca suas três extensões pressionam a ferramenta garantindo sua fixação.

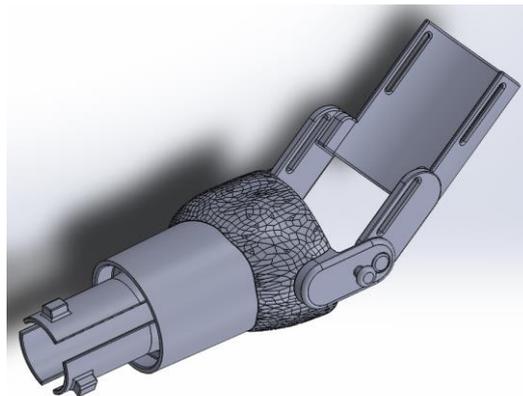
A ferramentas foram desenvolvidas para terem um corpo simples e genérico tendo diferenças apenas em suas regiões que ficariam externas ao porta-ferramentas.

Por fim a porca que foi projetada para ter uma ergonomia que garantisse que o paciente pudesse facilmente segurá-la de forma firme e segura, possibilitando a fixação das ferramentas com um giro de aproximadamente 90°.

**Execução do projeto.** O processo de produção do Caso 2 seguiu a rigor as mesmas etapas que o Caso 1 até o momento do início da modelagem no programa SolidWorks™. Destaca-se que apenas o porta ferramentas possui num extremo a geometria do coto do paciente.

Na modelagem do porta-ferramentas foi criada em sua região frontal o mecanismo que dá nome a peça, com seu sistema de três extensões flexíveis, cada qual com um pino que corre por trilhos internos à porca, somado às suas entradas para encaixe do porta-ferramentas e da porca possibilita um engate firme, seguro e rápido. Já na região próxima ao cotovelo foram adicionados uma abertura e um pino em cada lado da peça para fixação de Velcro® e de fitas da Mercur® respectivamente, criando-se uma opção de customização de acordo com a preferência de conforto do usuário. Ainda na região do cotovelo foi adicionado um encaixe para uma peça opcional que possibilitaria a fixação da adaptação ao tríceps.

Figura 4 – Porta-ferramentas com suporte extra acoplado

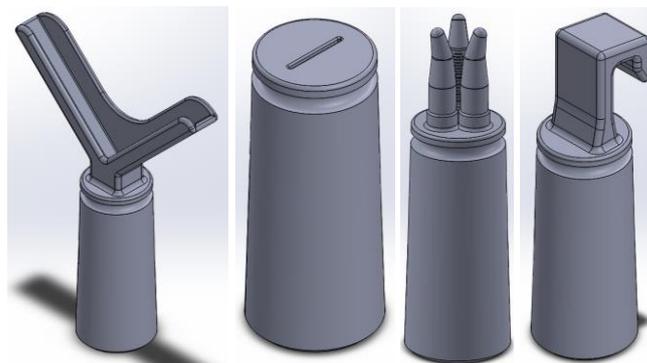


Fonte: Autoria própria (2018).

A ferramenta destinada a possibilitar o uso de tablets e celulares com seu formato em “L” foi projetada para se encaixar no canto dos aparelhos, possibilitando que o usuário o segure de forma confortável e segura. A ferramenta criada para o uso de uma faca consistia em um suporte pelo qual era possível atravessar o talher de forma a fixá-la firmemente e com segurança. O sistema concebido para auxiliar na amarração de cadarços consistia em três pinos curvos com ranhuras nos quais o usuário poderia prender suas pontas e ganhar autonomia para amarrar os cadarços, apenas é necessário que eles possuam pequenos nós em suas extremidades. A última ferramenta criada foi um sistema extra, na forma de um gancho de perfil retangular que possibilita o transporte e manuseio de objetos com alças de peso reduzido.

O corpo de todas as quatro ferramentas (Figura 5) possui um formato genérico onde próximo ao seu topo foi modelado um rebaixo, local destinado à colocação de um anel de vedação O-Ring. Esse detalhe garante que ao sofrer a pressão do fechamento da porca, a ferramenta fica fixa de forma segura ao restante do sistema.

Figura 5 – Ferramentas desenvolvidas

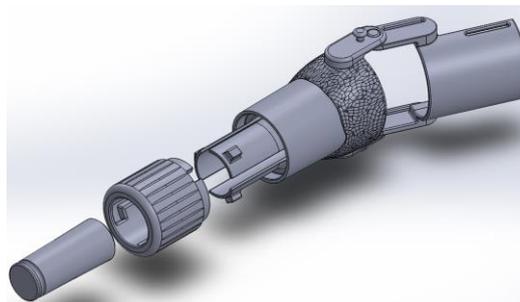


Fonte: Autoria própria (2018).

Finalmente foi desenvolvida a peça denominada porca para garantir o travamento da ferramenta ao sistema, foram adicionados trilhos internos por onde passam os pinos das extensões do porta-ferramentas. A Figura 6 ilustra o conjunto montado.

Depois de modeladas, as peças foram impressas em uma máquina Stratasys® modelo UPrint® SE 3D Printer com filamento em ABS com uma altura de camada de 0,254 milímetros.

Figura 6 – Mecanismo completo



Fonte: Autoria própria (2018).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ambas as adaptações obtiveram bons resultados e receberam elogios por parte dos usuários. Atualmente está sendo produzida uma nova versão da adaptação criada para o Caso 1, visto que o paciente aprovou a peça a ponto de não desejar retirá-la mais. O objetivo dessa nova versão será criar um sistema de encaixe onde será possível a retirada da lâmina da faca após a alimentação sem a necessidade de se desacoplar a adaptação do coto do paciente, essa nova versão também apresentará a vantagem de possibilitar a substituição da lâmina da faca por uma nova. Já o paciente do Caso 2 aprovou a adaptação desenvolvida que, até o momento, não apresentou nenhum problema.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois projetos desenvolvidos conseguiram devolver funções a duas pessoas com deficiência lhes proporcionando mais qualidade de vida e independência. Os dois projetos desenvolvidos nesse trabalho servirão de base para a solução de problemas semelhantes de outras pessoas. Foi verificada a viabilidade do uso de impressoras 3D para a fabricação de adaptações de vida diária com sistemas para a fixação de lâminas de facas e de outras ferramentas. Ficou evidente a importância da união de conhecimentos de profissionais da área da saúde e da engenharia para a produção de produtos assistivos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a UTFPR pela bolsa de Inovação, ao CNPq pela produtividade em desenvolvimento tecnológico extensão inovadora (DT2), a CAPES pelos recursos de material de consumo aprovados no edital 59/2014 PGPTA e a Microbras pela disponibilização da impressora 3D.

## REFERÊNCIAS

- PUTTI, V. **Historical prostheses**. Journal of Hand Surgery (British and European Volume), v. 30, n. 3, p. 310-325. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1016/j.jhsb.2005.01.001>>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- VOLPATO, N.; CARVALHO, J. In: VOLPATO, N. **Manufatura aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D**. São Paulo: Blucher, 2017. p. 19-23.
- KIM, H.; JEONG, S. Hybrid model for the customized wrist orthosis using 3D printing. Journal of Mechanical Science and Technology, v. 29, n. 12, p. 5151-5156, jun./jul. 2015. Disponível em: <<https://rdcu.be/5zrB>>. Acesso em: 29 set. 2016.
- TELFER, S.; PALLARI, J.; MUNGUIA, J.; DALGARNO, K.; MCGEOUGH, M.; WOODBURN, J. **Embracing Additive Manufacturing: Implications for Foot and Ankle Orthosis Design**. v. 13, 2012. Disponível em: <<https://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-13-84>>. Acesso em: 30 ago. 2018
- PATERSON, A. M.; BIBB, R. J.; CAMPBELL, R. I. **Evaluation of a Digitised Splinting Approach with Multiple-Material Functionality Using Additive Manufacturing Technologies**. In: Solid Free. Fabr. Symp., p. 656–672, 2012. Disponível em <Evaluation of a Digitised Splinting Approach with Multiple-Material Functionality Using Additive Manufacturing Technologies>. Acesso em: 30 ago. 2018.
- BARNATT, Christopher. **3D Printing – The Next Industrial Revolution**. 1ª. ed. Printed and bound on demand, 2013, 262 p. Disponível em <[https://www.explainingthefuture.com/3dp\\_chapter1.pdf](https://www.explainingthefuture.com/3dp_chapter1.pdf)>. Acesso em: 30 ago. 2018.