

MODELAGEM DE ÓRTESES PARA FABRICAÇÃO POR MANUFATURA ADITIVA

Rodrigo Pulido Arce, rodrigoparce@gmail.com¹
José Aguiomar Foggiatto, foggiatto@utfpr.edu.br¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná-UTFPR, Rua Dep. Heitor Alencar Furtado, 5000 - Ecoville Curitiba-PR

Resumo: as órteses são produtos assistivos externos ao corpo utilizados para melhorar características estruturais e funcionais de extensões corporais que tenham alguma deficiência. A manufatura aditiva é um processo de fabricação que pode agilizar muito o desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva. Este trabalho propõe um procedimento de fabricação de órteses customizadas por meio da modelagem em ambiente CAD-3D e da manufatura aditiva. Para a aquisição das anatomias estudadas utilizaram-se moldes de atadura gessada que, posteriormente, foram digitalizados com tecnologia de escaneamento 3D a laser. Para a modelagem das órteses utilizou-se um programa CAD-3D e baseou-se na conformação de geometrias primitivas utilizando a malha digitalizada como referência. Os resultados mostraram que a metodologia adotada é bastante adequada e o tempo de modelagem depende da habilidade do usuário no programa. A sistematização das etapas envolvidas no desenvolvimento das órteses permitiu diminuir o tempo para a sua produção. O procedimento adotado mostrou que é possível desenvolver e fabricar, por manufatura aditiva de baixo custo, uma órtese customizada em até vinte horas, considerando somente o tempo envolvido em cada etapa de trabalho.

Palavras-chave: órteses, Tecnologia Assistiva, modelagem CAD, Manufatura Aditiva.

1. INTRODUÇÃO

O avanço notório das Tecnologias de Informação e Comunicação tem possibilitado a criação de novos caminhos de inclusão social para as pessoas com necessidades especiais (Galvão Filho, 2009). Delou et al. (2011) percebem que a carência de conhecimento específico sobre como estas tecnologias podem dar assistência para estas conjunturas de certa maneira encoraja uma série de outros estudos em áreas correlatas, como a Tecnologia Assistiva (TA), por exemplo.

A TA é definida como sendo uma “área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (Brasil, 2009). Para Bersch (2013) a TA se dispõe como um conjunto de instrumentos que promove a “ampliação de habilidades funcionais deficitárias”.

Os produtos assistivos (PAs) são abrangidos pela norma ISO 9999: 2007, que os define como sendo “qualquer produto (incluindo dispositivos, equipamentos, instrumentos, tecnologia e software) fabricado especialmente ou geralmente disponível no mercado, para prevenir, compensar, controlar, atenuar ou neutralizar deficiências, limitações nas atividades e restrições nas participações” (Brasil, 2009; Galvão Filho, 2009).

As órteses são um exemplo de PA utilizadas para assistir e/ou melhorar as características estruturais e funcionais dos sistemas neuromuscular e esquelético (Schwanke et al., 2012). Estas, são dispositivos mecânicos ou aparelhos ortopédicos externos ao corpo que aplicam forças sobre determinadas regiões com a finalidade de oferecer apoio, corrigir, alinhar ou evitar algumas deformidades (Edelstein e Bruckner, 2006; Pudles e Defino, 2014).

Em seu trabalho, Fernandes et al. (2015) salientam a importância do estudo de desenvolvimento de órteses afirmando que o uso prescrito e assistido das mesmas pode adiar ou até mesmo evitar procedimentos cirúrgicos.

O campo da Manufatura Aditiva (*Additive Manufacturing* – AM) abrange uma série de técnicas de fabricação de peças e produtos que ocorrem através da deposição consecutiva de camadas planas de um ou mais materiais (Volpato e Carvalho, 2007).

A impressão tridimensional (3D) é uma das técnicas estudadas pela engenharia de fabricação que está se popularizando (Silva e Maia, 2014). A grande vantagem desta perante as tecnologias convencionais de manufatura é a capacidade de se construir geometrias complexas prescindindo o uso de ferramentais especiais, visto que o processo ocorre em uma única etapa de processamento, exigindo pouca ou nenhuma etapa de acabamento (Volpato e Carvalho, 2007; Telfer et al., 2012; Silva e Maia, 2014).

Além do grande destaque para a produção de protótipos e peças finais (Volpato e Carvalho, 2007) a AM ganha relevância como alternativa para o desenvolvimento de PAs, destinados a melhorar a funcionalidade e o desempenho ocupacional de pessoas com deficiência (Silva e Maia, 2014).

Alguns trabalhos (Telfer et al., 2012; Melgoza et al., 2014; Palousek et al., 2014; Silva e Maia, 2014; Fernandes et al., 2015; Paterson et al., 2015; Mori et al., 2016) mostram que a AM se projeta como uma tecnologia adequada para a

fabricação de PAs em função da rapidez na produção, do alto nível de customização e do baixo custo final de fabricação.

Em seu trabalho Palousek et al. (2014) apresentam uma metodologia que permite desenvolver órteses através da AM utilizando diretamente a malha proveniente de um processo de digitalização 3D. O procedimento proposto pela equipe prevê a utilização de um programa de código aberto (*open-source*) que permita corrigir a malha obtida por fotogrametria, uma vez que esta apresenta imperfeições intrínsecas a qualquer processo de digitalização.

Sabe-se, no entanto, que a etapa de correção da malha é demorada e está sujeita a falhas dependendo da complexidade das geometrias e dos programas com os quais se está trabalhando. Ademais, existe a possibilidade de se alterar a geometria original da anatomia em questão caso as ferramentas disponíveis nos programas não sejam utilizadas de maneira adequada (Weyrich et al., 2004).

Arce e Foggiatto (2016) propõem uma metodologia de modelagem de órteses que suprime a etapa de correção das malhas obtidas no processo de digitalização e passa utilizá-las como referência. Desta maneira, a geometria original da anatomia permanece intacta ao passo que uma geometria primitiva se modela entorno à malha de referência gerando uma superfície que será espessada e posteriormente fabricada por AM.

Assim, este estudo visa analisar a viabilidade de se adotar a AM como um processo final de fabricação de órteses de baixo custo utilizando a metodologia de modelagem proposta por Arce e Foggiatto (2016) e os resultados de outros trabalhos (Fernandes et al., 2015; Mori et al., 2016). O intuito da pesquisa é, através de estudos de caso, identificar possíveis limitações, vantagens, desvantagens e melhorias que possam ser aplicadas no processo de desenvolvimento de órteses para fabricação por AM de baixo custo. Informações quantitativas e qualitativas como custo de produção, tempo envolvido, massa e facilidade de utilização dos recursos, serão usadas para esta análise.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para realizar esta pesquisa adotou-se um procedimento de operação similar ao proposto por Fernandes et al. (2015). Este é dividido em sete etapas conforme ilustra a Fig. (1).



Figura 1. Procedimento adotado para o desenvolvimento de órteses.

Fonte: adaptado de Fernandes et al. (2015).

Na etapa de “seleção dos casos” uma terapeuta ocupacional (TO) auxiliou na escolha das pessoas. Com quatro estudos de caso contemplou-se três tipos de órteses distintas: caso 1 - órtese estática de pé e tornozelo (*Ankle-Foot Orthosis - AFO*); caso 2 - órtese estática de braço e punho com dedos livres (*Cock-Up*); e casos 3 e 4 - órtese estática de braço e punho (*Wrist-Hand*).

Na etapa de “aquisição das anatomias” utilizou-se um protocolo de aquisição proposto pela TO a fim de reunir informações que podem ser utilizadas em etapas posteriores. A captura da anatomia dos membros foi feita com atadura gessada. A atadura foi umedecida e colocada em torno dos respectivos membros enquanto a TO adequava o posicionamento dos mesmos. O tempo de cura dos moldes em tala gessada variou entre cinco e sete minutos. A Fig. (2) mostra a aquisição da anatomia dos casos 1, 3 e 4.

Terminada a aquisição das anatomias iniciou-se a etapa de “digitalização 3D”. Este é um dos processos que compõe uma área de estudo também conhecida por “engenharia reversa”. Boehler et al. (2001) explicam que a transformação de modelos físicos para modelos virtuais é um registro das coordenadas de inúmeros pontos da superfície de um dado objeto. Como resultado, obtém-se uma nuvem de pontos que, quando devidamente processada, é capaz de gerar uma superfície.



Figura 2. Etapa de aquisição da anatomia dos membros dos casos 1, 3 e 4.

Para realizar a digitalização dos moldes utilizou-se um equipamento que opera com tecnologia de digitalização a *laser* e, portanto, sem contato físico. O escâner NextEngine Desktop 3D modelo 2020i dispõe de uma pequena plataforma giratória para se posicionar os objetos a serem digitalizados. Uma vez iniciado processo, o aparelho faz sucessivas varreduras com feixes de raio *laser* capturando a superfície do objeto com auxílio de duas câmeras.

Ao final, obtém-se uma geometria que muitas vezes pode apresentar falhas em sua superfície (como furos, geometrias ou entidades duplicadas, superfícies corrompidas, etc.), mas que podem ser corrigidas dependendo da necessidade e do interesse do usuário (Weyrich et al., 2004; Palousek et al., 2014). Após a digitalização dos moldes, exportaram-se as malhas obtidas nos quatro casos para arquivos de extensão STL (*stereolithography*), como mostra a Fig. (3).

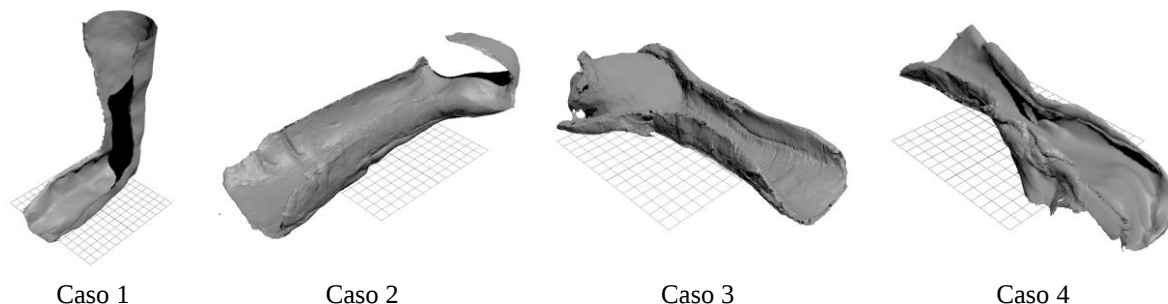


Figura 3. Malhas obtidas a partir da digitalização dos moldes de tala gessada dos quatro estudos de caso.

Na etapa de “modelagem das órteses” seguiu-se a metodologia proposta por Arce e Foggiatto (2016). Esta, diferentemente da metodologia apresentada por Palousek et al. (2014), utiliza as malhas escaneadas obtidas na fase de digitalização como referência. Assim, com o auxílio de um programa CAD-3D (*Computer Aided Design*) modela-se uma geometria primitiva (superfície) entorno à malha de referência que, depois de espessada, se transforma em um sólido que corresponde à órtese. Deste modo, a malha oriunda do processo de digitalização permanece intacta sem a necessidade de ser corrigida ou adaptada. O esquema ilustrado na Fig. (4) mostra os passos adotados para a modelagem das órteses.

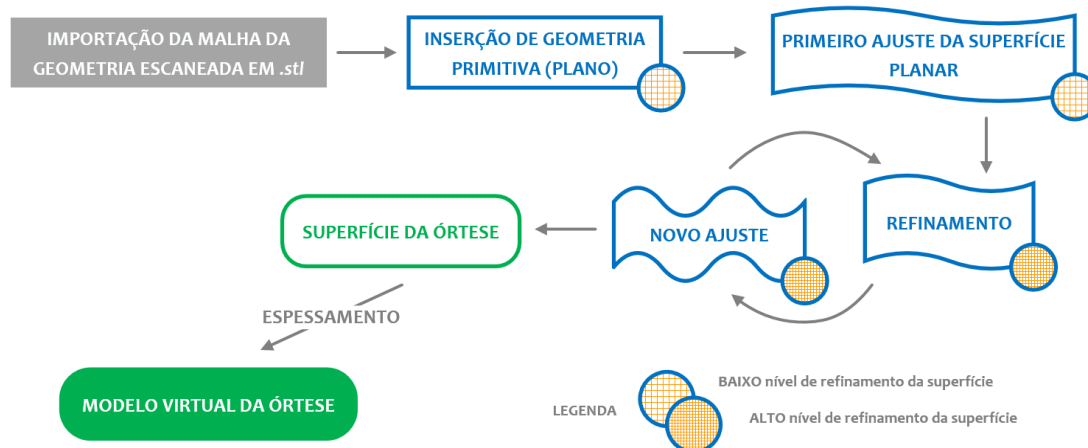


Figura 4. Metodologia adotada para a modelagem de órteses com auxílio de programa CAD.
Fonte: Arce e Foggiatto, 2016.

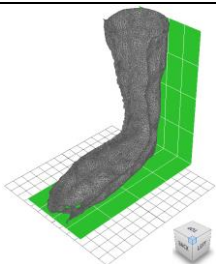
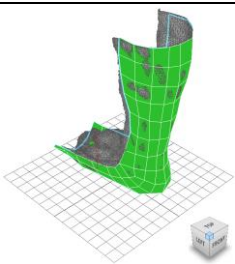
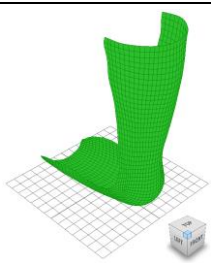
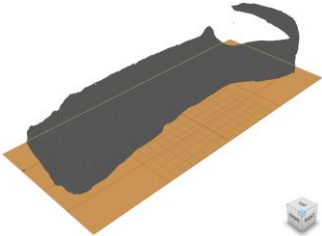
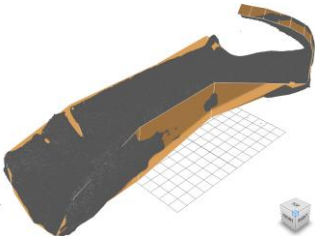
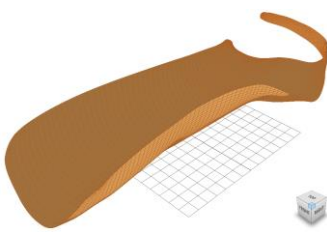
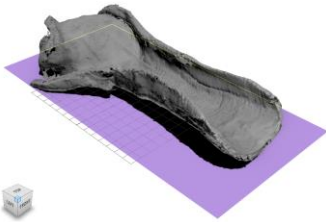
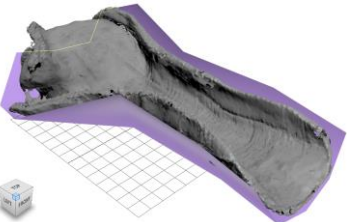
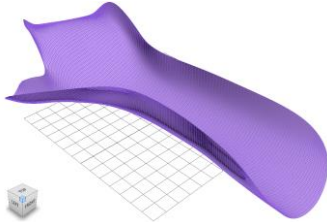
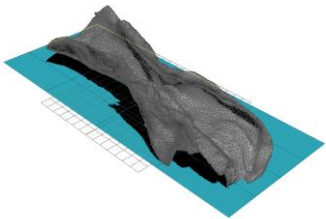
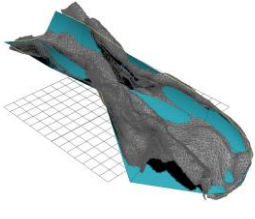
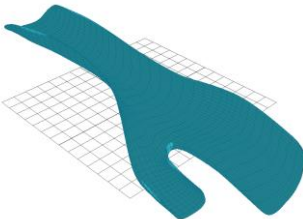
O programa CAD utilizado para realizar a modelagem foi o “3ds Max 2016” da empresa Autodesk® Inc. Seguindo a metodologia citada, inseriram-se as malhas obtidas na etapa de digitalização no programa. Posteriormente, criou-se uma geometria primitiva adequada para cada situação, como ilustra o Quadro 1a.

Após a inserção fez-se o primeiro ajuste do plano sobre a superfície de referência (Quadro 1b) e refinou-se a superfície inserida. Este processo foi repetido algumas vezes até que a superfície inserida contivesse todos os detalhes anatômicos presentes nas malhas digitalizadas. Ao longo da modelagem adotou-se um espaçamento (ou *offset*) de dois milímetros da malha de referência para compensar a espessura do revestimento interno das órteses.

O termo “refinamento” diz respeito ao aumento progressivo do número de polígonos que compõe a geometria primitiva inserida. Assim, quanto mais refinada a superfície, maior o número de polígonos que a compõe e, consequentemente, maior o nível de detalhamento capturado da geometria digitalizada.

A técnica utilizada eliminou a etapa de correção das malhas digitalizadas e consequentemente acelerou o processo de desenvolvimento das órteses. As superfícies obtidas após a modelagem (Quadro 1c) são homogêneas e não apresentam defeitos podendo ser espessadas para formar a geometria principal da órtese.

Quadro 1. Etapas da modelagem das órteses nos quatro estudos de caso.

	(a)	(b)	(c)
Descrição	Inserção de geometria primitiva (planos) com baixo nível de refinamento	Primeiro ajuste do plano sobre a malha de referência (molde digitalizado)	Superfície homogênea obtida por modelagem contendo os detalhes da malha de referência
Caso 1			
Caso 2			
Caso 3			
Caso 4			

Para realizar o espessamento das superfícies modeladas consultou-se a literatura (Palousek et al., 2014; Fernandes et al., 2015; Mori et al., 2016, Arce e Foggatto, 2016). Diferentes autores sugerem valores que variam de 2 a 3,5 milímetros. Assim, optou-se por adotar uma espessura final de três milímetros.

Com os modelos virtuais das órteses finalizados a TO analisou as geometrias desenvolvidas a fim de identificar possíveis erros de geometria ou pontos de pressão que pudessem influenciar na eficiência destes PAs. Eventuais ajustes e correções foram aplicadas gerando os modelos finais das órteses, ilustrados na Fig. (5).

Finalizada a modelagem, as órteses foram exportadas para arquivos de formato STL e iniciou-se a etapa de “impressão 3D”. A impressora utilizada foi a 3D Cloner DH+ (Microbras Ltda.), que é um equipamento comercial considerado de baixo custo e imprime em PLA (poliácido láctico) opera com tecnologia por extrusão de material. O suporte de impressão é fabricado com o próprio material de impressão.

Alguns fatores como o posicionamento de impressão, preenchimento da estrutura e altura da camada foram analisados antes de iniciar o processo. Sabe-se que a combinação destes fatores pode gerar estruturas com maior ou menor resistência.

A escolha do posicionamento de impressão das órteses possui influência direta na resistência mecânica das mesmas. Por serem elementos que estarão sob esforços variados a escolha incorreta dos parâmetros de impressão pode fragilizar a estrutura ou diminuir a sua vida útil. Com relação ao preenchimento das estruturas sabe-se que este também terá influência no modelo impresso, seja na massa final ou na resistência mecânica. Preenchimentos com pouco material reduzem a resistência mecânica da órtese. Por sua vez, a altura da camada de impressão se manifesta na qualidade superficial da geometria impressa.

Assim, adotou-se um preenchimento de cem por cento com uma altura de camada de impressão de 0,3 milímetros. O posicionamento escolhido para as órteses na bandeja de impressão é ilustrado na Fig. (5).

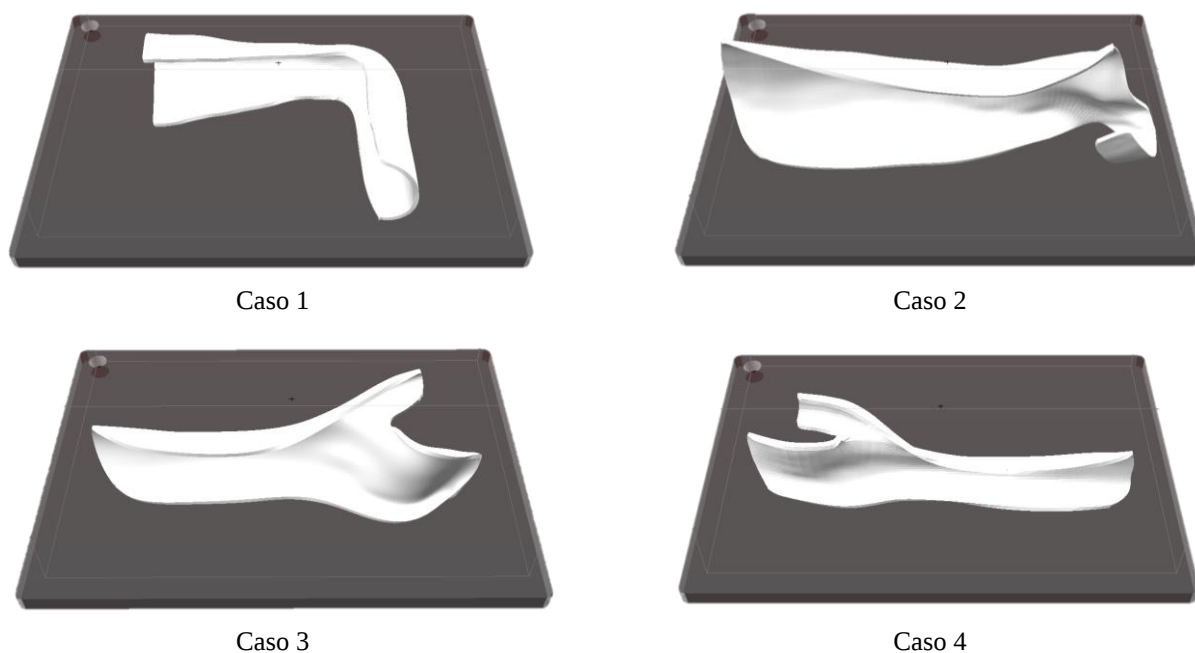


Figura 5. Posicionamento dos modelos finais das órteses na bandeja de impressão nos quatro estudos de caso.

Concluídas as impressões, iniciou-se a etapa de “pós-processamento”, na qual aplicou-se EVA (acetato de vinila) com auxílio de cola instantânea (cianoacrilato) sobre a superfície interna da órtese. Para poder fixar a órtese sobre o membro da pessoa colocaram-se velcros rebitados à órtese nas áreas solicitadas pela TO. O acabamento foi feito com auxílio de lixas.

A etapa de “avaliação” foi dividida em duas fases. A primeira foi durante a entrega da órtese na qual a TO avaliou aspectos gerais da mesma. A segunda fase, ainda não concluída, corresponderá à avaliação da eficiência ortótica destes PAs e será avaliada com a evolução do tratamento nos quatro estudos de caso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela (1) mostra os tempos consumidos em cada etapa de desenvolvimento das órteses dos quatro estudos de caso, incluindo o tempo de impressão. Ressalta-se que o tempo total indicado não considera os tempos de espera entre as etapas.

Tabela 1. Tempo das etapas de desenvolvimento das órteses nos quatro estudos de caso.

ETAPAS	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Aquisição da anatomia	3h 30min	45min	1h 48min	2h 12min
Digitalização 3D	1h 48min	2h 09min	1h 32 min	1h 57min
Modelagem CAD	1h 45min	1h	56min	43min
Impressão 3D	7h 47min	10h 29min	9h 11min	8h 56min
Pós-processamento	1h 45min	1h 28min	53min	42min
TOTAL	16h 35min	15h 51min	14h 20min	14h 30min

A etapa que mais demandou tempo foi a de impressão 3D, sendo que a órtese do caso 2 foi a que mais demorou para ser impressa devido às suas dimensões.

A Tabela (2) apresenta a massa das órteses nos quatro estudos de caso com e sem material de suporte de impressão. Os valores apresentados foram estimados pelo programa “ClonerGen 3D V1.0” que gerencia a impressora utilizada.

Tabela 2. Massa das órteses dos quatro estudos de caso com e sem material de suporte (valores em gramas).

MASSA (g)	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Sem material de suporte	112,78	152,84	93,39	84,06
Com material de suporte	170,79	220,59	129,18	114,96

Na Tabela (3) apresenta-se o custo final de fabricação aproximado das órteses para todos os casos. Para este cálculo levou-se em consideração três valores: o referente ao material de impressão (PLA), o inerente ao custo da hora máquina e o custo para os materiais de acabamento (EVA, velcro, rebites e cola instantânea).

Para o cálculo do custo do material de impressão considerou-se um preço de R\$ 225,00 para o quilo de PLA e utilizou-se a massa das órteses com material de suporte. Para o custo da hora máquina definiu-se o valor de R\$ 20,00 por hora de impressão. O custo dos materiais de acabamento foi considerado fixo para os quatro estudos de caso.

Tabela 3. Custo final de fabricação das órteses nos quatro estudos de caso (valores em reais).

INSUMOS (reais)	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
Material de impressão (PLA)	38,43	49,63	29,06	25,87
Hora máquina	155,67	209,67	183,67	178,67
EVA, velcro, rebites e cola instantânea	8,00	8,00	8,00	8,00
TOTAL	202,10	267,30	220,73	212,54

Nota-se que o custo do material de impressão é relativamente baixo quando comparado ao material comumente utilizado por TOs para confeccionar as órteses. O custo de uma placa de material termoplástico com dimensões 21 x 15 x 0,32 cm é de aproximadamente de R\$ 90,00.

Uma placa com essas dimensões é adequada para se construir uma órtese estática de braço e punho (como as dos casos 3 e 4). Se considerar-se o custo referente apenas ao material de construção (PLA e termoplástico) o uso da impressão 3D pode representar uma redução de até 70% no custo final das órteses. Ressalta-se, no entanto, que o maior benefício do uso do procedimento proposto nesse trabalho é a rapidez e a customização da órtese. A Fig. (6) apresenta as órteses finalizadas nos quatro estudos de caso.



Caso 1



Caso 2



Caso 3



Caso 4

Figura 6. Órteses finalizadas dos quatros estudos de caso.

A TO responsável validou as órteses dos quatro estudos de caso no momento da entrega e continua a coletar informações referentes ao tratamento a fim de avaliar eficiência ortótica destes PAs. Os dados acumulados serão utilizados em estudos futuros.

4. CONCLUSÕES

A pesquisa realizada mostrou que o procedimento proposto para a modelagem CAD-3D de órteses é viável e permite acelerar o processo de desenvolvimento de órteses. A sua utilização permite ao usuário criar uma superfície homogênea e livre de imperfeições que pode ser espessada e transformada em um modelo sólido.

Com relação a aquisição das anatomias, a tala gessada foi adequada, no entanto, cabe ressaltar que a presença de um profissional da área da saúde é necessária para garantir que a aquisição seja feita de maneira correta.

A tecnologia de digitalização a *laser* permitiu realizar o escaneamento dos moldes rapidamente. O processo se mostrou bastante adequado às necessidades, uma vez que o equipamento reproduziu com fiabilidade as geometrias dos moldes da anatomia dos membros que receberão as órteses.

A metodologia de modelagem gerou modelos 3D que permitiram a fabricação das órteses por AM. A impressão 3D mostrou-se como uma tecnologia bastante útil para o desenvolvimento de TA. Pode-se afirmar que a rapidez, a versatilidade e o baixo custo são características que consolidam o seu uso no processo de desenvolvimento de PAs. Além disso, a AM permite o desenvolvimento PAs customizados tornando-os mais eficientes e eficazes em suas funções específicas.

O levantamento dos valores gastos mostrou que o custo do material de impressão (PLA) é relativamente baixo comparado ao custo dos materiais convencionais (termoplásticos). A redução no valor varia em função do volume e da complexidade do PA. Com a sistematização proposta é possível desenvolver e fabricar uma órtese completa em menos de vinte horas de trabalho, o que permitirá que elas cheguem antes ao usuário que poderá iniciar o tratamento prescrito rapidamente.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Microbras Ltda. pela disponibilização da impressora 3D Cloner DH+, à UTFPR pela bolsa de extensão, à CAPES pelos recursos para material de consumo aprovados no Edital 59/2014 PGPTA e ao CNPq pela bolsa de produtividade em desenvolvimento tecnológico e extensão inovadora (DT2).

6. REFERÊNCIAS

- Arce, R.P. and Foggiatto, J.A., 2016, “Metodologia de modelagem de órteses para pessoas com deficiência sensorio-motora”, In: Proceedings of VI Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR, Francisco Beltrão, PR, Brasil.
- Bersch, R., 2013, “Introdução à Tecnologia Assistiva”, Tecnologia e Educação, Porto Alegre, RS, Brasil. 20 p. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em 15 de janeiro de 2017.
- Boehler, W., Heinz, G. and Marbs, A., 2001, “The potential of non-contact close range laser scanners for cultural heritage recording”, Proceedings of XVIII International Symposium of CIPA, Potsdam, Germany, pp. 1-8.
- Brasil, 2009, “Tecnologia Assistiva”, Comitê de Ajudas Técnicas - Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência, Serviço Público do Governo Federal, Brasília, Brasil. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro-tecnologia-assistiva.pdf>>. Acesso em 15 de janeiro de 2017.
- Delou, C.M.C., Mazza, I., Marinho, L., Mariani, R., Rodrigues, C.R. and Castro, H. C., 2011, “The university, the school and the special needs: how to improve, how to contribute?”, Revista Práxis, Vol. 3, No. 6, pp. 11-17.

- Edelstein, J.E. and Bruckner, J., 2006, "Introdução à Ortótica", In: Edelstein e Bruckner - Órteses: Abordagem Clínica. Série Physio: Fisioterapia Prática, Cap. 1, Ed. Guanabara Koogan e LAB, RJ, Brasil, 212 p.
- Fernandes, B.O., Foggiatto, J.A. and Poier, P.H., 2015, "Uso da impressão 3D na fabricação de órteses - um estudo de caso", Proceedings of Fourth International Conference on Integration of Design, Engineering and Management for innovation (IDEMi), Vol. 1, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, pp. 2003-2014.
- Galvão Filho, T.A., 2009, "A Tecnologia Assistiva: de que se trata?", In: Machado, G.J.C.; Sobral, M.N. - Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade, Ed. Redes Editora, Porto Alegre, RS, Brasil, 250 p.
- Melgoza, E.L., Vallicrosa, G., Serenó, L., Ciurana, J. and Rodríguez, C.A., 2014, "Rapid tooling using 3D printing system for manufacturing of customized tracheal stent", Rapid Prototyping Journal, Vol. 20, Iss: 1, pp. 2-12.
- Mori, Y.T., Arce, R.P. and Foggiatto, J.A., 2016, "Desenvolvimento de Mecanismos de Posicionamento Para Órtese Estática Progressiva de Punho", Proceedings of I Congresso Brasileiro de Pesquisa & Desenvolvimento em Tecnologia Assistiva: Engenharia e Design, Curitiba, PR, Brasil, pp. 338-345.
- Palousek, D., Rosicky, F., Kountry, D., Stoklásek, P. and Navrat, T., 2014, "Pilot study of the wrist orthosis design process", Rapid Prototyping Journal, Vol. 20, Iss: 1, pp. 27-32.
- Paterson, A.M., Bibb, R., Campbell, R.I. and Bingham, G., 2015, "Comparing additive manufacturing technologies for customised wrist splints", Rapid Prototyping Journal, Vol. 21, Iss: 3, pp. 230-243.
- Pudles, E. and Defino, H.L.A., 2014, "Órteses de Coluna Vertebral", In: Pudles e Defino - A coluna vertebral: conceitos básicos, Cap. 36, Ed. Artmed Ltda., Porto Alegre, RS, Brasil, 424 p.
- Schwanke, C.H.A., De Carli, G.A., Gomes, I. and Lindoso, Z.C.L., 2012, "A importância da terapia ocupacional na reabilitação", In: Schwanke - Atualizações em Geriatria e Gerontologia IV: aspectos demográficos, biopsicossociais e clínicos do envelhecimento, Cap. 21, Ed. EdPUCRS, Porto Alegre, RS, Brasil, 499 p.
- Silva, J.V.L. da and Maia, I.A., 2014, "Desenvolvimento de dispositivos de tecnologia assistiva utilizando impressão 3D", Proceedings of I Simpósio Internacional de Tecnologia Assistiva do CNRTA: Reflexões sobre Tecnologia Assistiva, Campinas, SP, Brasil, pp. 33-39.
- Telfer, S., Pallari, J., Munguia, J., Dalgarno, K., McGeough, M. and Woodburn, J., 2012, "Embracing additive manufacture: implications for foot and ankle orthosis design", BMC Musculoskeletal Disorders, Vol. 13, No. 84.
- Volpato, N. and Carvalho, J. de, 2007, "Prototipagem rápida como processo de fabricação", In: Volpato et al. - Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações, Cap. 1, Ed. Blücher, São Paulo, Brasil, 272 p.
- Weyrich, T., Pauly, M., Keiser, R., Heinzle, S., Scandella, S. and Gross, M., 2004, "Post-processing of Scanned 3D Surface Data", Eurographics Symposium on Point-Based Graphics, 10 p.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

MODELING OF ORTHOSES BY ADDITIVE MANUFACTURING TECHNOLOGY

Rodrigo Pulido Arce, rodrigoparce@gmail.com¹
José Aguiomar Foggiatto, foggiatto@utfpr.edu.br¹

¹Federal University of Technology - Paraná, Av. Sete de Setembro, 3165, Rebouça - Curitiba - PR - Brazil

Resumo: *orthoses are external body assistive products used to improve structural and functional features of body extensions that have some deficiency. Additive Manufacturing is a process that can greatly streamline the Assistive Technology products development. This paper proposes a procedure to manufacture customized orthoses through CAD-3D modeling and additive manufacturing. In order to get the anatomies needed in this study, cast bandage molds were used, which were later digitized with 3D laser scanning technology. For the orthotic modeling, a CAD-3D program was used and it was based on the conformation of primitive geometries using the scanned mesh as reference. The results showed that the methodology adopted is quite properly and the modeling time depends on the user's ability in the program. The systematization of the stages involved in the orthoses development allowed to reduce the time for its production. The procedure adopted showed that it is possible to develop and manufacture, through a low cost additional manufacture, a customized orthosis in up to twenty hours, considering only the time involved in each stage of work.*

Palavras-chave: *orthoses, Assistive Technology, CAD modelling, Additive Manufacturing.*