



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

FABRICAÇÃO DE ÓRTESE DE MEMBRO SUPERIOR POR MEIO DE ESCANEAMENTO TRIDIMENSIONAL E MANUFATURA ADITIVA

Mateus Noro Villas Boas, mateusnoro@ufpr.br¹
Bruna Brogin, brunabrogin@hotmail.com¹
Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto, lucia.demec@ufpr.br¹
Márcio Fontana Catapan, marciocatapan@ufpr.br¹
José Aguiomar Foggatto, foggatto@utfpr.edu.br²
Gabriel Chemin Rosenmann, gachemin@gmail.com²
Mateus Collares Weigert, mateusweigert@hotmail.com²

¹Universidade Federal do Paraná, Rua XV de Novembro, 1299 – Curitiba, Paraná,

²Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Avenida Sete de Setembro, 3165 – Curitiba, Paraná.

Resumo: A inclusão de pessoas com deficiência motora é comumente dificultada pelo preconceito da sociedade e pelas complicações que estas enfrentam ao executarem atividades do cotidiano. Uma alternativa para minimizar o efeito destas barreiras é a utilização de produtos de Tecnologia Assistiva, como órteses personalizadas. A pesquisa aqui apresentada visa diminuir o tempo total do processo de produção de uma órtese personalizada visando o baixo custo. O tempo de obtenção das medidas do membro da pessoa com deficiência e da produção da órtese pôde ser reduzido com a utilização das tecnologias de escaneamento 3D e da Manufatura Aditiva, utilizando a tecnologia de extrusão de material, quando comparado com a técnica tradicional de medição por paquímetro e fita antropométrica. O baixo custo pôde ser alcançado pela utilização de software de licença livre, permitindo que todo o trabalho de modelagem 3D fosse feito sem custo adicional. Desta maneira, este trabalho foi iniciado a partir da captura de superfícies tridimensionais por meio de escaneamento 3D, para que fossem realizados estudos das geometrias obtidas. Utilizando-se de um software de licença livre para a preparação de modelos 3D para Manufatura Aditiva, pôde-se propor etapas para a aplicação e validação desse método. Inicialmente, neste estudo, foram capturadas e tratadas malhas tridimensionais de modelos em gesso de membros de pessoas com deficiência, as quais foram arquivadas em um banco de dados. Em seguida, foram gerados modelos em CAD 3D e, a partir da análise destes, foi utilizado um método que pudesse contribuir para a elaboração de órteses a serem confeccionadas através de Manufatura Aditiva. Este método apresentou bons resultados quando aplicado em um estudo de caso sobre o desenvolvimento de uma órtese personalizada de punho e mão para uma pessoa com Paralisia Cerebral.

Palavras-chave: manufatura aditiva, escaneamento tridimensional, CAD/CAM, modelagem 3D, órtese

1. INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE publicados na Cartilha do Censo 2010 – Pessoas com Deficiência (Brasil, 2012), 23,9% da população brasileira apresenta algum tipo de deficiência. Muitas das pessoas incluídas nestes estudos têm suas atividades reduzidas dentro da sociedade, sendo que esse fenômeno ocorre nos âmbitos da acessibilidade, mercado de trabalho, educação, entre outros. Um ambiente que seja adaptado às diferenças das pessoas com e sem deficiência é essencial para que essas possam realizar seus desejos, aspirações e desenvolvimento pleno.

Considerando que, segundo a Cartilha do Censo 2010, 7% da população brasileira possui algum tipo de deficiência motora, há um grande número de pessoas que aguardam o recebimento de equipamentos que as possibilite realizar determinadas tarefas, como órteses, próteses, cadeira de rodas, bengalas, entre outros. Por meio do acesso a tais equipamentos é possível a inclusão em determinados grupos sociais e realização de atividades diversas e, consequentemente, ter uma melhor qualidade de vida.

As órteses têm papel fundamental na inclusão e na melhoria da qualidade de vida de pessoas com deficiência. Estes são equipamentos de tecnologia assistiva produzidos sob medida para modificar aspectos estruturais e funcionais do sistema neuromusculoesquelético de determinado segmento corporal. A melhoria do processo de desenvolvimento de

órteses com a utilização de tecnologias de escaneamento 3D e manufatura aditiva é o objetivo deste estudo. Segundo relatório publicado pelo Grupo de Trabalho sobre Órteses e Próteses (2010), a demora no processo de obtenção de uma órtese é resultado de vários fatores, como a falta de análises estatísticas que apontem qual o número de pessoas que necessitam de órteses e próteses, entraves burocráticos, falta de organização da fila de espera e problemas relacionados à lei de licitações. Relatos obtidos em estudo realizado junto à Escola de Integração e Recuperação da Criança Excepcional (ERCE), em Campo Largo, em agosto de 2015, apontam que o tempo entre a prescrição da órtese até sua entrega pode chegar até 12 meses.

Considerando a taxa de crescimento de uma criança, por exemplo, uma espera de meses faz com que esse dispositivo não possa mais ser utilizado por ela; seu corpo mudará e suas medidas aumentarão, o que causará desconforto e até mesmo impossibilitará que esta criança utilize a órtese. Além do tempo de espera, existem problemas relacionados à qualidade das órteses que podem levar ao desuso (Grupo de Trabalho Sobre Órteses e Próteses, 2010).

Novos métodos para a obtenção de medidas de partes do corpo de pessoas com deficiência e para produção das órteses começaram a ser explorados, utilizando técnicas de escaneamento tridimensional e modelagem virtual das órteses. Um estudo realizado por Foggiatto, Poier e Fernandes (2015) discute as dificuldades em obter, com precisão, a anatomia de um membro do corpo humano com deficiência utilizando massa de modelar e escaneamento por meio do software 123D Catch (Autodesk® Inc.). A partir disso, os autores sugerem que sejam testados novos métodos onde exista maior precisão geométrica e não agressão à pele.

O método aqui apresentado visa diminuir o tempo total do processo de produção de uma órtese personalizada visando o baixo custo. O tempo de obtenção das medidas do membro da pessoa com deficiência pode ser reduzido por meio de escaneamento 3D direto e o processo de fabricação pode ser acelerado por meio de Manufatura Aditiva, utilizando a tecnologia de extrusão de material. O baixo custo pode ser alcançado pela utilização de programas CAD de licença livre, permitindo que todo o trabalho de correção e modelagem 3D seja feito sem custo adicional na compra do software.

Para obter com precisão o modelo digital tridimensional do membro, foi utilizado o escâner 3D ZScanner 700CX disponível no Laboratório de Ergonomia e Usabilidade (LABERG) na UFPR. Dentre as vantagens da utilização deste equipamento pode-se citar a rapidez de escaneamento, portabilidade do equipamento, facilidade de manuseio e resolução adequada para fabricação de uma órtese. Sua principal desvantagem é o alto custo e a necessidade da utilização de marcadores para orientar a captação da superfície 3D.

Após a obtenção do modelo digital 3D, é iniciado o processo de correção da malha adquirida e modelagem 3D da órtese, que é feito inteiramente em programas com licença livre, diminuindo o custo do processo de desenvolvimento da órtese. Todo o processo é acompanhado por profissionais da área da saúde, que conhecem as limitações anatômicas e as necessidades de cada um dos usuários. A finalização ocorre com a impressão 3D da órtese, que, além de reduzir o custo de produção, quando comparado ao processo hoje praticado, pode reduzir o tempo de espera de meses para dias.

Além do objetivo principal de elaborar um método para obtenção da geometria de um membro com deficiência e produção de órteses de forma rápida e com baixo custo, esta pesquisa visa também divulgar um método para o tratamento de malhas tridimensionais utilizando o programa computacional *opensource Blender* (Blender Foundation). Possivelmente seu uso poderá ser estendido para modelagem e tratamento de superfícies 3D e aplicado na modelagem de próteses, modelos obtidos através de Tomografia Computadorizada e qualquer outro modelo 3D que necessite de tratamento na superfície.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Cook e Hussey (1995, p.5) definem a Tecnologia Assistiva citando o conceito do ADA (*American with Disabilities Act*), como “uma ampla gama de equipamentos, serviços, estratégias e práticas concebidas e aplicadas para minorar os problemas funcionais encontrados pelos indivíduos com deficiências”. A Tecnologia Assistiva visa auxiliar as pessoas com deficiência que necessitam realizar atividades do cotidiano de forma independente, sendo considerada, então, um “recurso do usuário”.

Entre as pessoas com deficiência motora estão aquelas que possuem Paralisia Cerebral (PC). Segundo a Associação Brasileira de Paralisia Cerebral (ABPC) (2016), este é um termo geral que engloba manifestações clínicas que têm em comum dificuldades motoras em consequência de uma lesão cerebral. Esta lesão neurológica pode ocorrer durante a fase de desenvolvimento do sistema nervoso central e é estacionária, ou seja, não piora e também não desaparece. No entanto as dificuldades motoras apresentam mudanças no decorrer do crescimento e desenvolvimento da criança.

Muitas crianças e adultos que possuem PC espástica têm dificuldades para realizar as atividades da vida diária, pois podem apresentar deformações nos membros, como braços, pernas, mãos e pés. Com o objetivo de corrigir as posições dos membros são utilizados aparelhos de tecnologia assistiva chamados de órteses. São normalmente confeccionadas sob medida e servem para modificar os aspectos funcionais ou estruturais do sistema neuromusculoesquelético de determinado segmento corporal, garantindo melhor mobilidade, auxílio nas funções manuais e/ou correção postural.

As órteses, quando classificadas pela sua função, podem ser estáticas ou dinâmicas. As órteses estáticas têm como principal função estabilizar ou imobilizar as articulações, o que promove a prevenção de deformidades esqueléticas e diminui as sensações dolorosas através da estabilização articular. As dinâmicas, ou cinéticas, prezam pelo equilíbrio muscular por meio da tração de uma articulação. Isto causa o alongamento de tecidos moles e restaura o arco de movimento articular (Gonçalves e Francisco, 2011).

Para confecção e entrega das órteses para os sujeitos com PC, faz-se necessário à coleta de dados antropométricos destas pessoas. Segundo Iida (2006) a antropometria é o ramo das ciências humanas que estuda as medidas do corpo, particularmente o tamanho e a forma. Segundo o mesmo autor, na área da antropometria há tendências de padronizações mundiais, embora ainda não existam medidas antropométricas confiáveis para a população mundial. Com isso, faz-se necessária a medição detalhada de cada indivíduo separadamente, pois seria inviável confiar em medidas padrão para a confecção de equipamentos personalizados, em especial órteses.

Apesar de ser pouco explorada no Brasil, a antropometria tridimensional é uma técnica que se apresenta como tendência em análises ergonômicas (Catapan, 2014). Poucos estudos apresentam técnicas efetivas para a obtenção de medidas antropométricas de pessoas com deficiência, pois essas acabam se movendo durante o processo de medição ou de captura 3D. Isto se deve ao fato de que essas pessoas apresentam dificuldades em se manter estáticas e pela presença variável de movimentos involuntários (Leite e Prado, 2004). A estabilidade do membro que está sendo escaneado é de suma importância, já que esses movimentos durante o escaneamento comprometem a fidelidade da superfície 3D, pois ocasionam a obtenção de uma malha distorcida.

A medição por trenas, fitas antropométricas, e paquímetro, apesar de se apresentar como ferramenta útil para a obtenção de medidas gerais, se demonstra menos efetiva na antropometria de membros de pessoas com deficiência que necessitam de órteses. Apesar dessa dificuldade, estudos que utilizam técnicas de captura 3D ainda se apresentam em estágio inicial e sugerem que novos estudos sejam feitos, buscando a melhoria no processo a partir da utilização de tecnologias alternativas, que possam acelerar o processo, torná-lo menos invasivo para a pessoa com deficiência e alcançar o nível de precisão desejável.

Munhoz *et al.* (2014) apresentam um estudo de captura da geometria de um boneco plástico através da fotogrametria. Este processo consiste em uma sequência de fotos processadas por um algoritmo que geram uma nuvem de pontos e, conseqüentemente, uma malha triangulada que se assemelha à geometria do boneco. Neste estudo, porém, é relatado que o tempo para obtenção do resultado apresentado é de 4 a 6 horas, fator que diminui a praticidade do processo e o conforto do indivíduo que está sendo escaneado.

Em trabalho apresentado por Brendler *et al.* (2014) foi demonstrada uma técnica de escaneamento direto da geometria de um membro, utilizando a digitalização por *Kinect (Microsoft)*, em apenas um minuto. O escaneamento direto ocorre quando o equipamento é apontado diretamente para o membro em questão e este capta dados que são transferidos para o computador. É importante salientar que, apesar do processo se apresentar extremamente rápido, este estudo foi conduzido utilizando uma pessoa sem deficiência e que a precisão encontrada neste método pode não ser suficiente para se produzir uma órtese detalhada e confortável.

Devido à dificuldade encontrada, muitas vezes, em escanear um membro da pessoa com deficiência, se faz necessário que ocorra o escaneamento indireto. Neste processo, o molde em gesso é fabricado da mesma maneira que o processo tradicional de fabricação de órteses, porém, após a cura, o molde é submetido ao escaneamento 3D. Por mais simples que seja o processo de fabricação do molde em gesso, este ainda é capaz de obter detalhes da geometria do membro da pessoa com deficiência que são difíceis de captar apenas por meio do escaneamento direto, além de possibilitar correções no posicionamento do membro durante a confecção do molde. Isto se dá por limitações tecnológicas e por outros fatores como a dificuldade das pessoas com deficiência motora em manter o membro em questão na posição desejada por todo o período de escaneamento.

Um dos processos que pode ser utilizado para fabricação das órteses de baixo custo e de forma acelerada é chamado de Manufatura Aditiva. Este processo se diferencia dos demais, pois, ao invés de retirar material, ele adiciona camadas sucessivas de forma automatizada até a finalização do objeto. Para isso, é necessário que o produto a ser fabricado esteja em um formato compreendido pelo programa computacional controlador das impressoras 3D. O formato padrão utilizado atualmente é o STL (STereoLithography), facilmente encontrado nos programas CAD 3D e nos programas dos escâners 3D. O objeto contido no arquivo STL é enviado para o programa da máquina e na sequência é iniciada a etapa de fabricação, camada após camada. Uma das tecnologias de Manufatura Aditiva de baixo custo utilizada é a tecnologia de extrusão de material, onde um filamento de material polimérico é aquecido e depositado em camadas, que formarão o modelo físico do objeto (Volpato *et al.*, 2007)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O método apresentado remete a um estudo de caso realizado com uma pessoa com paralisia cerebral. A pesquisa se desenvolveu em 4 momentos: (1) planejamento do estudo de caso, (2) realização do estudo de caso, (3) análise e manipulação dos dados para o desenvolvimento da órtese e (4) avaliação da eficácia da solução.

3.1 Planejamento do Estudo de Caso

No planejamento do estudo de caso ocorreu uma primeira etapa de observação em campo na Escola de Integração e Recuperação da Criança Excepcional (ERCE), em agosto de 2015. Durante uma visita realizada na instituição, foi possível observar quais dificuldades as crianças apresentavam com relação à sua mobilidade. Muitas delas apresentavam paralisia cerebral e tinham a mobilidade de certos membros totalmente ou parcialmente comprometida.

Como algumas crianças já utilizavam órteses previamente fabricadas, algumas delas estavam disponíveis à observação e puderam ser analisadas. Uma das crianças possuía uma órtese em material PLA, fabricada por uma equipe

de pesquisa da UTFPR através de Manufatura Aditiva, o que permitiu que fosse observado como aquele equipamento estava sendo utilizado.

Foi possível, também, participar do processo de obtenção do molde em gesso e em alginato dos membros com deficiência de algumas crianças, verificando quais as dificuldades enfrentadas pelos que confeccionaram o molde e pelas crianças submetidas ao processo.

A partir das visitas realizadas, buscou-se uma pessoa para que pudesse ser realizado um estudo de caso. Se trata de uma amostra intencional de um sujeito do sexo masculino de 28 anos. O indivíduo selecionado para ao estudo é uma pessoa com paralisia cerebral espástica e comprometimento severo dos movimentos da mão e dedos do lado direito (Fig. 1). A dificuldade de se movimentar fazia com que a pessoa estudada não somente tivesse atividades cotidianas comprometidas, mas fazia também com que, esporadicamente, ele sentisse dores, apresentasse uma postura anormal e problemas de higienização em determinados locais.



Figura 1. Vistas do membro com deficiência

3.2 Realização do Estudo de Caso

Na segunda etapa foi realizado o estudo de caso. Iniciou-se com a análise dos movimentos do sujeito pesquisado, juntamente com uma terapeuta ocupacional. O indivíduo foi analisado e a região em que a órtese seria colocada foi decidida de forma que o membro pudesse permanecer em uma posição mais confortável. Neste momento foi, também, analisada a viabilidade do escaneamento 3D diretamente no membro em questão, ou se este seria submetido ao processo de fabricação do molde em gesso para que, depois que o molde estivesse pronto, pudesse ocorrer à captura da superfície do membro a partir do próprio molde. Caso fosse possível que ocorresse o escaneamento direto do membro, este não seria submetido ao processo de fabricação do molde em gesso.

O relaxamento dos músculos foi feito por um profissional da saúde (terapeuta ocupacional) e o membro foi então posicionado para escaneamento de forma que a órtese pudesse promover uma correção de forma gradativa a este membro.

Na maioria dos casos, porém, há grande dificuldade em conseguir com que o membro da pessoa com deficiência permaneça estático para realização de escaneamento 3D direto. Neste caso, houve também dificuldades relacionadas à capacidade do equipamento por não conseguir capturar cavidades ou regiões obstruídas por alguma outra parte do corpo.

A Figura 2 demonstra a dificuldade em realizar o escaneamento direto de forma mais clara. Nota-se que os dedos que estão sendo segurados pela terapeuta ocupacional são essenciais para a produção desta órtese, que tem como uma de suas funções realizar a correção do desvio ulnar deste indivíduo. Neste caso, não seria possível obter a geometria dos dedos sem a interferência da mão da profissional que os estão segurando.



Figura 2. Primeira tentativa de escaneamento direto

Os pequenos adesivos pretos com um círculo branco no centro, que foram colados na pele do indivíduo, não causaram nenhum tipo de alergia ou desconforto. Esses pequenos marcadores são denominados *targets* e servem para orientar o equipamento de escaneamento. Eles permitem que a superfície gerada durante o escaneamento possa ser sobreposta e forme uma nuvem de pontos, caracterizando uma representação espacial tridimensional proveniente de escaneamento 3D.

Outras formas de posicionamento foram testadas, mas ainda assim não foi possível obter a geometria da mão da pessoa com deficiência de forma satisfatória. Ocorreram interferências nesses posicionamentos e os dedos mais uma vez não puderam ser posicionados da forma desejada. Após algumas tentativas sem sucesso, constatou-se que a tarefa de segurar a mão deste indivíduo com a força necessária na posição desejada, e sem causar nenhuma interferência no escaneamento, seria muito difícil de ser realizada com o equipamento ZScanner 700CX.

Diante da inviabilidade técnica, optou-se pelo escaneamento indireto. A fabricação do molde em gesso se apresentou como um método de obter a geometria do membro de forma confiável a ponto de ser possível fabricar uma órtese com resultados satisfatórios ao usuário.

Após a cura do molde em gesso, que dura de 5 a 10 minutos, o processo de escaneamento 3D se inicia pela colocação dos marcadores neste molde. Os marcadores possuem um formato padrão e são imprescindíveis para que o escaneamento ocorra da forma desejada devido ao sistema de reconhecimento que o escâner possui. Os marcadores são reconhecidos pelas câmeras do escâner e, após a sobreposição das malhas obtidas, uma nuvem de pontos é formada, replicando a geometria que estava sendo escaneada.

O escaneamento 3D foi realizado com o equipamento ZScanner 700CX, capaz de obter a geometria do modelo com uma precisão milimétrica. Essa precisão também é de grande importância, pois o modelo em gesso representa o formato do membro que precisa ser corrigido ou estabilizado, e manter a precisão dimensional no modelo digital implica em um maior conforto para o usuário, evitando pontos de pressão contra a pele.

3.3 Análise e manipulação dos dados

A terceira etapa constituiu-se da análise e manipulação da malha tridimensional para o desenvolvimento da órtese. Neste momento o modelo escaneado ainda apresentava falhas na malha obtida pelo escaneamento 3D (Fig. 3), assim como algumas superfícies obtidas de forma indesejada e que precisavam ser excluídas, chamadas de “ruídos”.

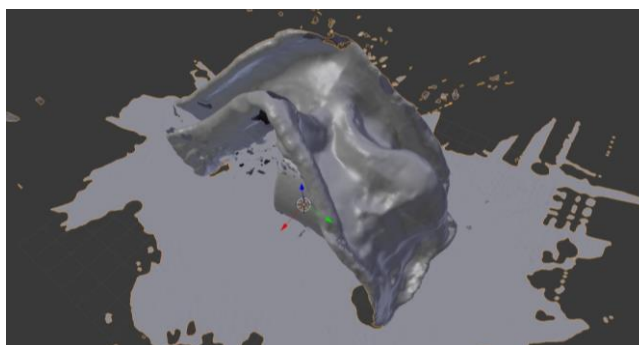


Figura 3. Resultado do escaneamento sem correções

O modelo apresentado na Figura 3 precisou passar por um processo de limpeza e fechamento da malha, para que este não apresentasse imperfeições em sua superfície e pudesse ser preparado para o processo de Manufatura Aditiva. O tratamento foi feito utilizando o programa de código aberto *Blender*, que é disponibilizado gratuitamente pela *Blender Foundation* e se apresenta como ferramenta com grande potencial na área de modelagem de órteses e próteses.

Este programa apresentou versatilidade e praticidade, possuindo as ferramentas necessárias para todas as etapas de edição da superfície escaneada. As etapas foram divididas da seguinte forma:

3.3.1 Escalonamento e Posicionamento da Geometria

Após o arquivo STL gerado pelo escaneamento 3D ser importado no programa, a geometria escaneada se encontrava em uma escala ampliada e em uma posição não favorável à edição. Para corrigir isso foram utilizadas as ferramentas de escalonamento e de rotação do software.

3.3.2 Limpeza das Partes Indesejadas

Como o modelo em gesso se encontrava apoiado em uma mesa durante o escaneamento, o escâner capturou, também, a superfície da mesa, o suporte do modelo e algumas outras geometrias chamadas de “ruídos”, que se localizavam na região onde foi realizado o escaneamento. Para fazer a limpeza destas partes foi necessário entrar no modo de edição do *Blender*, selecionar as faces (pequenos triângulos) que precisavam ser deletadas e acionar o comando de exclusão (Fig. 4).

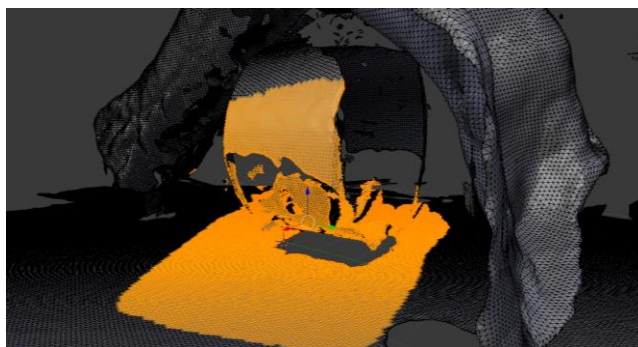


Figura 4. Processo de seleção das partes indesejadas

A Figura 4 mostra as partes indesejadas, ou “ruídos”, que foram selecionadas e deletadas. Esta etapa é importante para redução no tamanho do arquivo e para facilitar o fechamento das aberturas, que acontecerá na sequência.

A Figura 5 mostra o modelo tridimensional do molde em gesso após a remoção de todas as partes indesejadas.

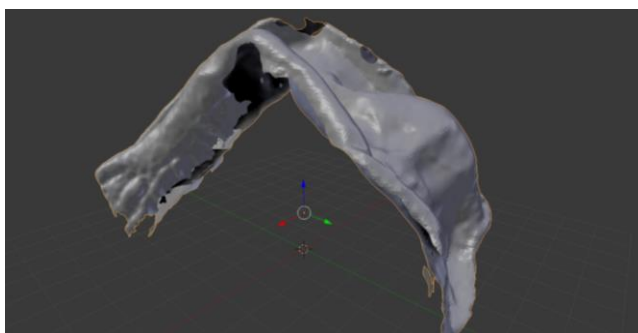


Figura 5. Geometria do molde em gesso após limpeza

3.3.3 Fechamento das Aberturas

Devido às limitações técnicas e das condições de escaneamento (marcadores não reconhecidos, cavidades onde a luz do escâner não conseguiu capturar ou outras partes que não puderam ser reconhecidas pelo escâner) a superfície 3D gerada continha algumas aberturas na malha (Fig. 6 (a)). O programa *Blender* possui várias ferramentas úteis para esta tarefa. Esta etapa consiste em selecionar a borda da abertura que precisa ser fechada e aplicar o comando de fechamento triangular da malha, como demonstrado na Fig. 6 (b).

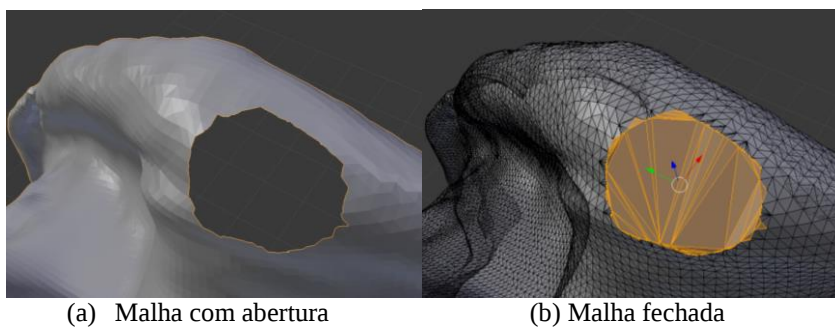


Figura 6. Aplicação da ferramenta de fechamento de furos

3.3.4 Suavização da Superfície

Ao fechar as aberturas presentes na malha escaneada, foi necessária uma atenção especial para que os detalhes do modelo que foi cuidadosamente fabricado não fossem perdidos no processo de modelagem virtual. Para isso foram utilizadas ferramentas de subdivisão dos triângulos que fecharam a abertura e de suavização da superfície (Fig. 7 (a)). Para que a geometria tivesse, ainda, um aspecto mais suave e respeitasse a curvatura do modelo foram utilizadas ferramentas de escultura presentes no próprio programa. O resultado deste processo pode ser observado na Fig. 7 (b).

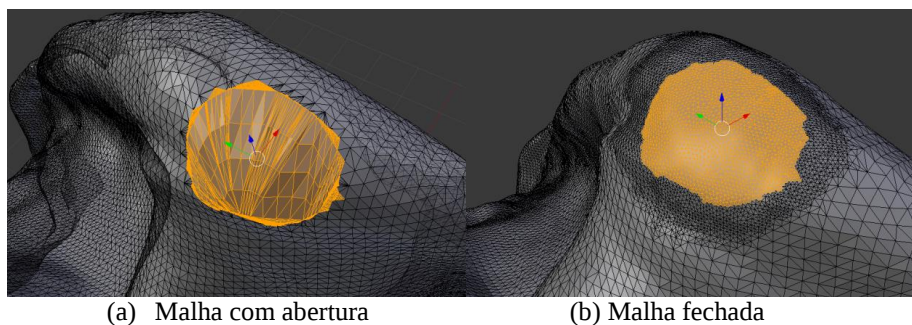


Figura 7. Suavização da malha após fechamento dos furos

As etapas de fechamento da malha, suavização e cuidados para mantê-la de acordo com o modelo original em gesso foram repetidas até que todas as aberturas fossem fechadas e a superfície estivesse adequada para a etapa final de modelagem da órtese, como demonstrado na Fig. 8.

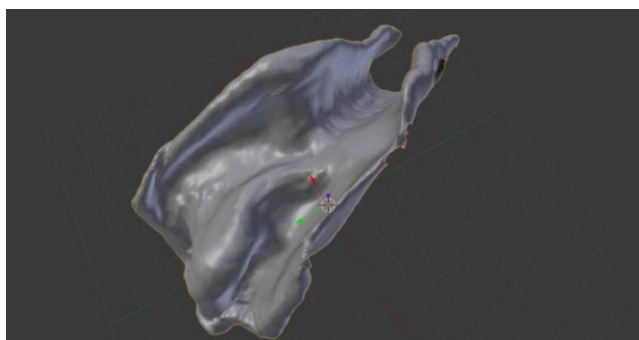


Figura 8. Modelo final após correção de superfície

Antes de finalizar a modelagem, foi realizada a verificação do resultado final da superfície do modelo digital. Este passo foi realizado com o auxílio de um profissional da saúde, para que, se necessário, fossem feitas correções na geometria para que a órtese se adaptasse melhor às necessidades da pessoa que a iria utilizar.

A órtese deste estudo foi produzida com o objetivo de corrigir o posicionamento da mão de uma pessoa com paralisia cerebral. Porém, durante o processo de fabricação do molde em gesso, alguns dos dedos podiam não estar na posição desejada, devido ao fato de que aqueles que estão confeccionando o molde não podem segurar em pontos específicos para não causar danos ao modelo. Isso poderia fazer com que alguns detalhes, como os dedos, pudessem permanecer ainda em uma posição indesejada. Portanto, era muito importante que todos os dedos fossem posicionados de forma confortável quando o indivíduo utilizasse a órtese e um profissional especializado precisou verificar se tais exigências estavam sendo cumpridas no modelo final.

Foi ainda realizado um tratamento nas bordas do modelo, para que a órtese não apresente partes pontiagudas ou um desnível muito grande nas laterais. Para isso, foi necessário que fossem feitas correções em toda a borda do modelo, para que este possuísse apenas cantos arredondados e suaves.

O processo de Manufatura Aditiva exige que o modelo 3D possua uma espessura mínima, que varia de acordo com as especificações técnicas de cada máquina, para que a fabricação fosse possível. Para isso, foi adicionada uma espessura de 5mm, considerando que a órtese também necessitava de uma espessura determinada para poder resistir às forças de flexão e/ou extensão do membro, tanto quanto o impacto contra outras superfícies.

3.3.5 Abertura de Canais de Passagem da Fita de Fixação (Velcro) e dos Furos para a Fixação da Fita

Foram abertos canais no modelo 3D para que as fitas de fixação (Velcro) pudessem passar através da órtese. As fitas serviam não só para que a órtese pudesse permanecer presa ao membro, mas ao mesmo tempo possibilitassem que o equipamento fosse retirado para a limpeza e higienização do membro.

Para a fixação das fitas na órtese foram modelados os furos, onde foram adicionados rebites. As fitas a serem utilizadas e o diâmetro dos rebites tiveram de ser medidos para que não houvesse folgas na fixação. Na Figura 9 (a) é possível observar o posicionamento da abertura para a passagem da fita de fixação (Velcro), e na Fig. 9 (b) as aberturas para a fixação dos rebites.

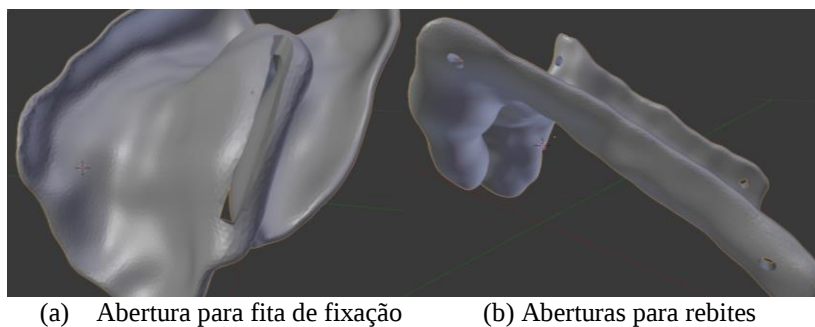


Figura 9. Aberturas feitas para rebites e fitas de fixação

Após a modelagem do modelo da órtese, este foi exportado em um arquivo de formato *STL* e enviado para a máquina de Manufatura Aditiva da 3D Cloner, modelo DH+. Após ser fabricada com material PLA (ácido polilático), a órtese precisou passar pela retirada dos suportes em plástico que auxiliaram a fabricação do mesmo. Foi necessário, também, que qualquer rugosidade oriunda do processo fosse corrigida através do lixamento da superfície. Depois disso as fitas Velcro e os rebites foram fixados na órtese e o revestimento de EVA (acetato-vinilo de etileno) foi colado na superfície do Velcro, para evitar o seu contato com a pele do usuário. O modelo final da órtese pode ser observado pela vista inferior, na Fig. 10 (a) e superior, na Fig. 10 (b).

A órtese foi então apresentada ao usuário do estudo. Foi verificada a satisfação inicial do usuário e alguns ajustes foram feitos nas fitas e no revestimento da órtese. Na Figura 11 pode-se perceber como a órtese foi utilizada e seu efeito corretivo no membro do indivíduo.

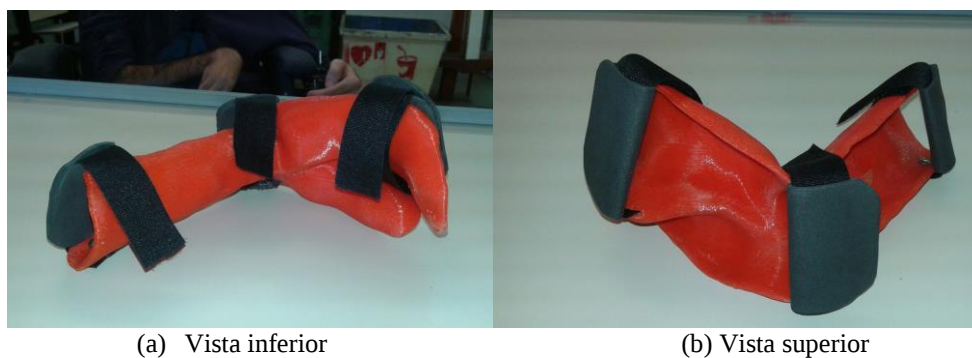


Figura 10. Vistas do modelo final da órtese



Figura 11. Aplicação da órtese no membro com deficiência

3.4 Avaliação da Eficácia da Solução

A avaliação da eficácia da solução será realizada por meio de um levantamento de informações ao decorrer do ano de 2016 bem como a realização de novos estudos de casos. O indivíduo que recebeu a órtese será acompanhado e entrevistado para verificar a eficácia da órtese produzida, se esta está auxiliando em suas atividades diárias e se está promovendo melhoras nos problemas relacionados à postura, dores e higienização.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando que a construção de órteses visa à correção ou estabilização de uma parte do corpo, é necessário que esta parte do corpo seja posicionada da forma desejada no momento do escaneamento, para que, a partir do modelo 3D gerado pelo escaneamento seja possível a modelagem da órtese em software CAD 3D. Como perspectivas para o andamento do projeto percebeu-se a necessidade de estudar novas formas de fazer o posicionamento do membro para o escaneamento 3D de maneira que o membro não se movimente durante o procedimento. A realidade encontrada, porém, foi que o membro precisou ser posicionado pelas mãos de auxiliares e segurada em posição durante o escaneamento 3D. Este procedimento de posicionamento do segmento corporal gerou várias áreas de oclusão, impedindo que a geometria do membro pudesse ser capturada com sucesso.

Para resolver este problema, foi sugerido que um molde em gesso fosse feito com o membro devidamente posicionado pelos profissionais da área da saúde que acompanhavam o processo. Em seguida, foi realizado o escaneamento do molde, tornando possível a obtenção da geometria do membro da pessoa com deficiência já na posição que este ficaria quando a órtese estivesse sendo utilizada.

5. CONCLUSÃO

No estudo realizado, verificou-se que existe uma limitação por parte do aparelho de escaneamento 3D e de outras formas de captura de superfícies com relação ao reconhecimento de cavidades e superfícies côncavas. Por meio de testes realizados na tentativa de capturar dedos e mãos, foi verificado que o aparelho que está disponível no Laboratório de Ergonomia da Universidade Federal do Paraná não é capaz de capturar a geometria presente entre dedos que estão posicionados lado a lado e também apresenta dificuldades para fazer a captura de regiões não arredondadas. Isto faz com que o caso de algumas pessoas que apresentam deformidades mais acentuadas não possa ser analisado através de escaneamento 3D direto.

O método aqui apresentado se mostrou eficaz para a confecção de órteses customizadas de baixo custo de membro superior. Utilizando um aparelho de escaneamento tridimensional para realizar as medições necessárias e uma máquina para a fabricação da órtese através da Manufatura Aditiva foi possível restringir o tempo total de produção da órtese para um período de duas semanas. Comparando este método com o método tradicional de produção de órteses percebe-se que a tecnologia utilizada neste estudo foi o fator principal na mudança do tempo de espera de meses para poucas semanas.

O programa *Blender*, utilizado para a correção e modelagem 3D da malha gerada pelo escaneamento, permitiu que todo o trabalho de tratamento digital da superfície da órtese fosse feito sem custo e de forma prática. Sua aplicação na área de modelagem de órteses se apresenta promissora e de grande importância na redução de custos do projeto.

As sugestões para trabalhos futuros incluem a utilização de um sistema de escaneamento mais barato, seja ele direto ou indireto, e a continuação pela busca de um sistema de escaneamento direto que seja eficaz a ponto de eliminar a utilização do gesso no processo de fabricação de uma órtese.

6. AGRADECIMENTOS

À CAPES/MCTI que, por meio do projeto CAPES Processo 88887091037/2014-01/PGPTA/CAPES, nos proporcionou a oportunidade e o auxílio financeiro necessários para realizarmos este estudo.

À empresa Microbrás, pela disponibilização da máquina para fabricação da órtese.

Ao NUFER/UTFPR, pela disponibilidade e suporte técnico enquanto preparávamos o modelo para o processo de Manufatura Aditiva.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PARALISIA CEREBRAL. Paralisia Cerebral - Perguntas e Respostas (o que cuidadores e pacientes devem saber). Disponível em: <http://paralisiacerebral.org.br/saibamais05.php>. Acesso em: 13 jan. 2016.

BRASIL. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR); Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPD); Coordenação-Geral do Sistema de Informações Sobre a Pessoa com Deficiência. Cartilha do Censo 2010 – Pessoas com Deficiência. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

BRENDLER, Clariana F. Digitalização 3D utilizando Kinect e sistemas CAD e CAM para confecção de órtese de membro inferior. 11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design – P&D Design, 2014.

CATAPAN, Márcio F. Análise antropométrica da cabeça humana para dimensionamento de capacetes balísticos. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

COOK, Albert M.; HUSSEY, Susan M. Assistive Technologies: Principles and Practices. St. Louis, Missouri. Mosby - Year Book, Inc., 1995.

FOGGIATTO, José A., POIER, Paloma H., FERNANDES, Bruno O. Uso da Impressão 3D na Fabricação de Órteses – Um Estudo de Caso. IDEMi 2015. Florianópolis, 2015.

GRUPO DE TRABALHO SOBRE ÓRTESES E PRÓTESES. Relatório Final - 2010. Brasília, 2010. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/ultimas_noticias/2011/relatorio/GT_orteseprtese.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2016.

GONÇALVES, Bruna A., FRANCISCO, Naya P. F. Órteses: orientações e cuidados. XIV Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e X Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba, 2011.

IIDA, Itiro. Ergonomia – Projeto e Produção. 2. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005.

LEITE, Jaqueline M. R. S.; PRADO, Gilmar F. Paralisia cerebral - Aspectos Fisioterapêuticos e Clínicos. Revista Neurociências. 10.4181/RNC.2004.12.41. Artigo de revisão.

MUNHOZ, R.; MORAES, C. A. C.; KUNKEL, M. E, TANAKA, H. Modelamento Tridimensional de Órtese para Displasia do Desenvolvimento do Quadril por Fotogrametria. XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – CBEB. Uberlândia, 2014.

VOLPATO, Neri; FOGGIATTO, José A.; LIMA, Marcos V. A.; MANCZAK, Tiago. Uma otimização da estratégia de preenchimento do processo FDM. 4º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação – COBEF. Águas de São Pedro, 2007.

8. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho. Todas as figuras utilizadas neste trabalho são de autoria própria.

MANUFACTURE OF SUPERIOR LIMB ORTHOSIS THROUGH TRIDIMENSIONAL SCANNING AND ADDITIVE MANUFACTURING

Mateus Noro Villas Boas, mateusnoro@ufpr.br¹

Bruna Brogin, brunabrogini@hotmail.com¹

Maria Lucia Leite Ribeiro Okimoto, lucia.demec@ufpr.br¹

Márcio Fontana Catapan, marciocatapan@ufpr.br¹

José Aguiomar Foggiatto, foggiatto@utfpr.edu.br²

Gabriel Chemin Rosenmann, gachemin@gmail.com²

Mateus Collares Weigert, mateusweigert@hotmail.com²

¹Federal University of Paraná, Rua XV de Novembro, 1299 – Curitiba, Paraná,

²Federal University of Technology - Paraná, Avenida Sete de Setembro, 3165 – Curitiba, Paraná.

Abstract. The inclusion of people with motor impairments is often hampered by prejudice and by the complications those people face when performing small daily tasks. One alternative to minimize the effects of those barriers is the use of Assistive Technology products, such as personalized orthoses. The study presented here aims to reduce the total time of the production process of a low-cost personalized orthosis. The time spent in measuring the limb of the person with disability and manufacturing the orthosis could be reduced by the use of 3D scanning and of Additive Manufacturing, using the technology of material extrusion, when compared to the traditional measurement and production techniques. Low cost goals could be achieved by the use license-free software, allowing all the 3D modeling work to be done without additional costs. Thus, this study started from the capture of tridimensional surfaces through 3D scanning, so that studies could be performed in the obtained geometry. Using license-free software for the preparation of the 3D models for additive manufacturing it was possible to propose steps for the implementation and validation of this method. Initially, in this study, plaster models of limbs of people with disabilities were captured and treated, which were later archived in a database. Afterward, CAD models were generated and, from their analysis, it was elaborated a method which contribute to the development of orthoses that would be made through Additive Manufacturing. This method presented satisfying results when applied to a case study related to the development of a personalized orthosis for wrist and hand of a person with disability.

Keywords: additive manufacturing, tridimensional scanning, CAD/CAM, 3D modeling, orthosis.