

ESCOLA DE  
DESIGN



Pós Graduação *Stricto Sensu* Mestrado e Doutorado em Design

**Design, digitalização 3D e membros amputados:**  
busca de melhorias no processo de medição de cotos,  
com auxílio do design

DAVI NEIVA ALVES

**Belo Horizonte**

**2018**

DAVI NEIVA ALVES

**Design, digitalização 3D e membros amputados:**

busca de melhorias no processo de medição de cotos,  
com auxílio do design

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais- UEMG, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Design, Inovação e Sustentabilidade.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Sebastiana Luiza Bragança Lana

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Silva de Miranda

**Belo Horizonte**

**2018**

Alves, Davi Neiva

A474D Design, digitalização 3D e membros amputados: busca de melhoria no processo de medição de cotos. [manuscrito] / Davi Neiva Alves – Belo Horizonte/MG, 2018.

95 f.: il. Color.

Orientador: Prof<sup>ª</sup>. Dra. Sebastiana Luiza Bragança Lana  
Coorientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Silva de Miranda

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade do Estado de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design. Linha de pesquisa: Design, Inovação e Sustentabilidade.

1. Amputações. 2. Design de Prótese. 3. Medição I. Lana, Sebastiana Luiza Bragança. II. Universidade do Estado de Minas Gerais. Escola de Design. III. Título

CDU: 612.7

Ficha Catalográfica: Priscila Ribeiro Azevedo CRB 6/3439

## **AGRADECIMENTOS**

Sebastiana, minha orientadora que me incentiva desde o período das minhas iniciações científicas, muito obrigado pelo carinho e pela confiança.

Carlos Miranda, meu coorientador, pelo auxílio no projeto e conversas sobre o futuro uso de tecnologias presentes no projeto.

José Nunes Filho por me ensinar a importância do rigor científico em laboratório e pelo companheirismo além da relação professor e aluno.

Tia Helena, que me abriu as portas de sua casa de forma extremamente gentil e sem titubear, sem sua ajuda não conseguiria me estabelecer na capital.

Ao Rodrigo, secretário da pós-graduação pela prontidão em auxiliar.

Para todos os professores do mestrado que de alguma forma auxiliaram no meu crescimento e em minha dissertação.

Meu avô, José da Neiva, sem palavras para descrever a sua importância no período do mestrado e em minha vida.

Minha irmã, Emily, sempre gentil e compreensiva com o tio Davi distante da sobrinha Laura, espero que no futuro ela entenda.

Aos companheiros do Oh LAB na A.M.R., Mariana Volpini, Anderson Horta, Joana Pimenta, Mariana Aquino, Paulo Reis e Igor Guimarães que muito me auxiliaram e encorajaram durante todo o mestrado.

João Paulo Braz, sem sombra de dúvidas o período em que dividimos moradia foi o mais importante de minha caminhada em Belo Horizonte. Não posso deixar de agradecer a Tia Jurinha pela grande amizade e carinho.

Vitor e família, obrigado pela amizade e apoio, certamente sem vocês chegar até aqui seria impossível.

Minha namorada, Laís, pela compreensão durante o mestrado e pelos diálogos sempre me motivando a aprofundar conhecimentos.

Jáder Barreto, designer, cineasta, amigo e conselheiro, certamente o design me presentou com oportunidade de ter estudado com você e feito florescer nossa amizade, meu muito obrigado.

Rodrigo Ferraz Toledo, Digaum, amigo de longa data que compartilha boas histórias e diálogos sempre produtivos sobre design, sociedade, além de ter me auxiliado de forma admirável, como era de se esperar, no projeto gráfico da dissertação.

Meus colegas de sala, realmente uma junção especial de pessoas muito queridas e admiradas por mim.

Cientista e escritor americano Neil deGrasse Tyson falando sobre o dia em que conheceu seu ídolo e incentivador, o também cientista e escritor, Carl Sagan:

“Quem era eu naquela época? Um rapaz de 17 anos do Bronx com sonho de virar cientista e de alguma forma, o astrônomo mais famoso do mundo encontrou tempo para me convidar a Ithaca, ao norte de Nova York, para passar uma tarde com ele. Me lembro daquele dia frio como se fosse ontem. Ele me encontrou na parada de ônibus e me mostrou seu laboratório na universidade de Cornell. Carl se esticou para pegar algo e autografou esse livro para mim: Para Neil, um futuro astrônomo, Carl.

No fim do dia me levou de carro para o ponto de ônibus, estava nevando muito, ele anotou o telefone de sua casa em um pedaço de papel e disse: se o ônibus não conseguir passar, me ligue e passe a noite na minha casa com a minha família.

Eu sabia que queria ser cientista, mas naquela tarde aprendi com Carl o tipo de pessoa que eu queria ser.”

Para minha mãe, Salete Lopes da Neiva Alves,

*in memoriam.*

## RESUMO

Amputações de membros e a posterior fabricação de próteses são atividades antigas na humanidade, porém, somente a partir do século 20 é vista uma evolução nas possibilidades entorno da fabricação de próteses, impulsionadas por novos materiais e tecnologias como a digitalização e a impressão 3D. Os processos de medição dos membros, por sua vez, não acompanharam as evoluções produtivas na mesma velocidade e qualidade, abrindo margem para aumento da fragilidade emocional, má aceitação do processo de tratamento, assim como da utilização futura da prótese por parte do paciente. Busca-se aqui destacar a relevância de pesquisas nos serviços prestados aos amputados, focando na compreensão e melhoria no processo, não apenas o resultado final em forma de produto físico. Por fim, a associação da medição de cotos de pacientes por meio da digitalização 3D com ferramentas do design e melhoria de processos que são parte de toda concepção e adaptação às próteses, mostra-se promissora e digna de pesquisas posteriores.

Palavras-Chave: Design. Próteses. Medição. Digitalização 3D.

## **ABSTRACT**

Amputations of limbs and the subsequent manufacture of prostheses are ancient activities in mankind, but only from the 20th century onwards is an evolution in the possibilities surrounding the manufacture of prostheses, driven by new materials and technologies such as digitalization and 3D printing. The limb measurement processes, in turn, did not accompany the productive evolutions at the same speed and quality, opening the door to increase emotional fragility, poor acceptance of the treatment process, as well as the future use of the prosthesis by the patient. The purpose of this research is to highlight the relevance of research in the services provided to amputees, focusing on understanding and improving the process, not just the final result in the form of a physical product. Finally, the association of the measurement of amputated limbs of patients by means of the 3D digitalization with aid of the design tools and improvement of the processes that are part of all conception and adaptation to the prosthesis, shows itself promising and worthy of attention and subsequent researches.

Keywords: Design. Prosthetics. Measurement. 3D Scanning.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Pistorius competindo usando próteses. ....	19
Figura 2 - Etapas do projeto. ....	24
Figura 3 - Prótese mais antiga já encontrada. ....	29
Figura 4 - Processo de medição e entrega de prótese para Dario.....	31
Figura 5 - Prótese com implante ósseo. ....	32
Figura 6 - Raio x de um paciente que sofreu amputação de Chopart. ....	35
Figura 7 - Bota ortopédica usada pelo paciente. ....	35
Figura 8 - Calçado usado por cima da bota ortopédica. ....	36
Figura 9 - Pé amputado. ....	36
Figura 10 - Coto sendo envolto por filme plástico. ....	37
Figura 11 – Marcações feitas com caneta.....	37
Figura 12 – Fixação da guia de corte.....	38
Figura 13 – Cobertura da guia de corte pela tala gessada.....	38
Figura 14 – Marcação da pegada do paciente. ....	39
Figura 15 – Marcações no gesso seco. ....	39
Figura 16 – Retirada do molde. ....	40
Figura 17 – Raio x de perfil de uma amputação transtibial. ....	40
Figura 18 – Cobertura com filme plástico e marcações de pontos de referência importantes. ....	41
Figura 19 – Paciente auxiliando na fixação da guia de corte.....	42
Figura 20 – Ajuste do gesso enquanto seca.....	42
Figura 21 – Marcação para posterior corte. ....	43
Figura 22 - Medição com fita métrica. ....	43
Figura 23 – Molde transtibial.....	44
Figura 24 – Paleta de cores para prótese. ....	44
Figura 25 - Folha para marcação da perimetria da prótese. ....	45
Figura 26 – Fita métrica.....	46
Figura 27 - Paquímetro analógico.....	47
Figura 28 – Medidor de coto. ....	47

Figura 29 – Medidor de pé. ....	48
Figura 30 – Esquema de funcionamento da digitalização 3D por luz estruturada. ....	51
Figura 31- Digitalização do rosto do ator Arnold Schwarzenegger. ....	52
Figura 32 – Ambiente artificial criado por digitalização 3D. ....	53
Figura 33 - Processo de digitalização de orelha com deformidades. ....	53
Figura 34 – Digitalização de moldes de gesso. ....	54
Figura 35 - Digitalização de coto feita pelo aparelho da Vorum. ....	54
Figura 36 - Digitalização de um busto realizada com celular. ....	55
Figura 37 - Scanner 3D Sense. ....	56
Figura 38 - Produção de molde com gesso e alginato. ....	58
Figura 39 - Mão digitalizada tridimensionalmente. ....	59
Figura 40 - Digitalização com o scanner 3D Vorum. ....	60
Figura 41- Malha 3D capturada pelo <i>scanner</i> Vorum. ....	60
Figura 42 – Digitalização com o scanner 3D Sense. ....	61
Figura 43 – Malha capturada pelo scanner 3D Sense. ....	61
Figura 44 - Malha transferida e alterada no software Meshmixer. ....	62
Figura 45 - Malha simplificada no software Meshmixer. ....	63
Figura 46 - Malha aberta no 3D Builder. ....	65
Figura 47- Malha aberta no Meshmixer. ....	66
Figura 48 - Malha em S.T.L. aberta no Emb3D. ....	66
Figura 49 - Metaprojeto e suas relações. ....	68
Figura 50 - Análise S.W.O.T. da medição de cotos da forma atual no S.U.S.. ....	72
Figura 51 - – Análise S.W.O.T. da medição de cotos com scanner 3D. ....	73
Figura 52 – Próteses transitando para o mundo da moda. ....	77
Figura 53 – Criança usando órtese com intervenções. ....	78

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frequência de procedimentos de amputação no SUS, dividido por motivo da amputação.....	30
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D – Tridimensional

a. C. – Antes de Cristo

A.M.R. – Associação Mineira de Reabilitação

C.I.D. - Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde

C.I.R.E.C. - *Centro Integral de Rehabilitación de Colombia*

S.T.L. - *Stelitography*

S.U.S. – Sistema Único de Saúde

U.E.M.G. – Universidade do Estado de Minas Gerais

W.D.O. – *World Design Organization*

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>18</b>
1.1. Justificativa e relevância .....	21
1.2. Objetivos .....	21
1.2.1. Objetivo Geral .....	21
1.2.2. Objetivos específicos .....	22
1.3. Materiais e métodos .....	22
1.3.1. Procedimentos metodológicos da pesquisa.....	23
1.3.2. Materiais utilizados na medição do S.U.S. ....	24
1.3.3. Materiais utilizados para digitalização 3D.....	24
1.4. Procedimentos éticos .....	25
1.5. Estrutura do documento .....	25
<b>2. CONTEXTUALIZAÇÃO.....</b>	<b>28</b>
2.1. Amputações.....	28
2.2. Exemplos de <i>sockets</i> e próteses .....	31
2.3. Preparo prévio do paciente para cirurgia eletiva .....	32
<b>3. MEDIÇÕES DE COTOS NO S.U.S. ....</b>	<b>34</b>
3.1. Acompanhamento do processo atual de medição no S.U.S. ....	34
3.2. Estudo de caso 1 - amputação de Chopart.....	34
3.3.2. Etapas da medição para amputação de Chopart.....	37
3.3. Estudo de caso 2 - amputação transtibial .....	40
3.4. Instrumentos usados para medição.....	46

3.4.1. Fita métrica.....	46
3.4.2. Paquímetro analógico.....	46
3.4.3. Instrumentos desenvolvidos pelos funcionários .....	47
<b>4. DIGITALIZAÇÃO 3D .....</b>	<b>50</b>
4.1. Utilizações atuais da digitalização 3D.....	51
4.1.1 Cinema.....	52
4.1.2. Preservação Artística .....	52
4.1.3. Saúde.....	53
4.1.4. <i>Scanners</i> focados em membros .....	54
4.2. Popularização do processo de digitalização 3D .....	55
<b>5. ESTUDO EXPLORATÓRIO .....</b>	<b>58</b>
5.1. Testes com <i>scanners 3D</i> e molde de gesso .....	58
5.1.1. Preparação de molde de gesso.....	58
5.1.2. Digitalização 3D do molde.....	59
5.2. Transição para <i>software</i> de impressão 3D .....	62
<b>6. ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>65</b>
6.1. Digitalização 3D de coto .....	65
6.2. QUESTIONÁRIO.....	67
<b>7. CONCLUSÃO.....</b>	<b>71</b>
7.1. Resultados e discussões.....	71
7.2. Considerações finais .....	73
7.3. Sugestões de trabalhos futuros .....	76
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>

<b>ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO ESTATÍSTICA INTERNACIONAL DE DOENÇAS E PROBLEMAS RELACIONADOS A SAÚDE (C.I.D.-10).....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO B – TERMO DE ANUÊNCIA .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO C – AUTORIZAÇÃO DO LABORATÓRIO.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO D - ESPECIFICAÇÕES DO SCANNER 3D ARTEC M.H.T.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO F – ESPECIFICAÇÕES DO SCANNER VORUM.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO G – CERTIFICADO DO CURSO DE DIGITALIZAÇÃO 3D SCANNER VORUM.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO H – ESPECIFICAÇÕES DO SCANNER 3D SENSE.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO I – AUTORIZAÇÃO DO PACIENTE.....</b>	<b>95</b>

# CAPÍTULO • 1

## • 1. INTRODUÇÃO

- 1.1. Justificativa e relevância
- 1.2. Objetivos
  - 1.2.1. Objetivo geral
  - 1.2.2. Objetivos específicos
- 1.3. Materiais e métodos
  - 1.3.1. Procedimentos metodológicos da pesquisa
  - 1.3.2. Materiais utilizados na medição do S.U.S
  - 1.3.3. Materiais utilizados para digitalização 3D
- 1.4. Procedimentos éticos
- 1.5. Estrutura do documento



## 1. INTRODUÇÃO

A palavra “amputação” é derivada de *amputare* do latim, que significa cortar, podar (MAVROFOROU et al, 2007). Existem registros de pessoas que já utilizavam próteses no período de 3.500 a 1.800 antes de Cristo (a.C.) (CHALLONER, 2010), porém, a fabricação de próteses demorou ainda alguns séculos até alcançar um resultado mais satisfatório para os seus usuários, apesar de ainda insuficiente em algumas ocasiões. No final do século 20 já havia essa avaliação, que perdura até os dias de hoje, como afirmado por Popovic e Sinkjaer (2000):

Embora o progresso científico e tecnológico tenha sido feito desde os dias da perna de madeira, os membros contemporâneos ortopédicos e próteses ainda não podem se desempenhar bem como suas contrapartes biológicas, seja em termos de estabilidade, fadiga, vida ou velocidade (POPOVIC; SINKJAER, 2000, p. 2, tradução nossa)<sup>1</sup>.

A amputação não deve ser vista como uma derrota, mas como o início de um longo processo no qual o amputado irá se reajustar física e psicologicamente com um novo membro, o coto<sup>2</sup>. Apesar dos avanços na medicina e da ênfase na prevenção de doenças, a perda de membros continua prevalecendo em nossa sociedade (MEIER, 2014).

Kirkup (2007) divide a evolução das amputações em 5 períodos, como citado abaixo:

De uma forma geral, a evolução das amputações pode ser dividida em 5 períodos: (I) aquelas de milhões de anos (desde a antiga idade da pedra) quando os amputados eram vítimas de perdas não cirúrgicas, resultado de fatores congênitos, doenças, congelamento, acidentes e rituais ou ações punitivas; (II) aquelas por tentativa cirúrgica em diversos momentos da história onde membros com gangrena foram separados na junção entre os tecidos morto e vivo; (III) aquelas por dolorosa cirurgia eletiva de amputação entre os séculos XV e XIX, objetivando salvar vidas e obter um coto saldável, (IV) aquelas para controle de dor e hemorragia com o auxílio da anestesia após 1846 e (V) para controle de dor, hemorragia e infecção após 1867

---

<sup>1</sup>Although tremendous technological progress has been made since the days of the wooden peg leg, contemporary orthotic and prosthetic limbs cannot yet perform as well as their biological counterparts, whether in terms of stability, fatigue-life or speed (Popovic; Sinkjaer 2000).

<sup>2</sup> Coto é a denominação para o novo membro formado após a retirada da parte enferma.

acompanhada por designs sofisticados de próteses, especialmente durante o século XX (KIRKUP, 2007, p.5)<sup>3</sup>.

O atual cenário para substituição do membro natural pelo membro artificial pode ser considerado promissor no que diz respeito ao produto final, a prótese, que atende à algumas necessidades básicas dos usuários e outras vezes, alcança resultados surpreendentes. Dentre eles, pode-se citar o atleta paraolímpico Oscar Pistorius, proibido de competir com atletas sem deficiência pela possível vantagem biomecânica oferecida pela sua prótese<sup>4</sup>. O atleta pode ser visto correndo com sua prótese em uma competição na Figura 1.

Figura 1 - Pistorius competindo usando próteses.



Fonte: <https://abcnews.go.com/International/imprisoned-paralympian-oscar-pistorius-bruised-inmate-fight-phone/story?id=51737681>, 2018.

Segundo o Ministério da Saúde (2013), na fase pré-protética, uma das avaliações específicas necessárias é a medição de comprimento do coto, desde a linha articular mais próxima até seu ápice, e medidas perimetrais a partir de 5cm do ápice do coto. A fabricação de um molde de gesso a partir do coto é uma alternativa habitualmente usada como alternativa complementar nesse processo.

<sup>3</sup> Broadly speaking, the evolution of amputatio can be divided into five periods: (I) that of thousands of years (at least from the Old Stone Age) when aputees were victims of nonsurgical loss, the result of congenital factors, disease, frostbite, acidentes and ritual or punitive action; (II) that of tentative surgery in historic times when gangrenou limbs were separated at the junction of dead and living tissues; (III) that of elective but painful surgical amputations, precipitated by gunshot injuries between the 15th and 19th centuries, aimed to save lives and obtain a healed stump; (IV) that of pain and haemorrhage control, aided by anaesthesia after 1846; and (V) that of pain, haemorrhage and infection control after 1867, accompanied by sophisticated prosthetic designs, especially during the 20th century.

<sup>4</sup><http://globoesporte.globo.com/paralimpiadas/noticia/2016/04/iaaf-decide-ate-junho-se-atletas-com-protese-podem-disputar-olimpiadas.html>.

A estigmatização social de amputados é um dos principais problemas enfrentados durante o tratamento e a reabilitação, por gerar traumas e dificuldades frequentes para convivência social. O estigma se faz presente em diversas sociedades e marginaliza o indivíduo, segundo Goffman (2014):

Enquanto o estranho está à nossa frente, podem surgir evidências de que ele tem um atributo que o torna diferente de outros que se encontram numa categoria em que pudesse ser - incluído, sendo, até, de uma espécie menos desejável – num caso extremo, uma pessoa completamente má, perigosa ou fraca. Assim, deixamos de considerá-lo criatura comum e total, reduzindo-o a uma pessoa estragada e diminuída. Tal característica é um estigma, especialmente quando o seu efeito de descrédito é muito grande - algumas vezes ele também é considerado um defeito, uma fraqueza, uma desvantagem - e constitui uma discrepância específica entre a identidade social virtual e a identidade social real. (GOFFMAN, 2014, p.6).

O quadro anteriormente citado tende a piorar nos casos de amputações por causas externas, como acidentes no trabalho ou automobilísticos, onde por vezes há também perda de familiares ou amigos no acidente. Amputações por causas externas lideram o ranking de causas de amputações no Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013). Nesse tipo de amputação, há um aumento abrupto na fragilidade psicológica, não ocorrida quando o paciente apresenta uma má formação congênita, ou seja, nasce com o membro malformado ou com a ausência dele e é habituado a viver e realizar tarefas cotidianas de tal forma desde a infância.

Dentre as principais expertises do campo do design, encontra-se aquela voltada para a humanização do contato entre usuários e objetos, também se estendendo a processos de uma maneira geral. Ao se desenvolver produtos de design, a atenção é voltada para os efeitos emocionais e funcionais desses sobre os indivíduos (VERGANTI, 2012), tarefa que demanda da área ferramentas e abordagens próprias que visam auxiliar os profissionais do design quando em ação projetiva. Essas mesmas ferramentas e abordagens podem ser aplicadas aos processos de medição de cotos, potencialmente levando, em combinação a novas tecnologias, a uma maior eficiência do mesmo e um maior conforto para os pacientes.

Barroso (1981) reforça tal interpretação em sua definição da própria área do design:

Design é o equacionamento simultâneo de fatores sociais, antropológicos, ecológicos, ergonômicos, tecnológicos e econômicos,

na concepção de elementos e sistemas materiais necessários à vida, ao bem-estar e a cultura do homem (BARROSO, 1981 p. 73).

O presente trabalho propõe uma abordagem que busca entender e, posteriormente, sugerir melhorias para o processo de medição de cotos com o auxílio do design, tornando-o menos invasivo, mais preciso, além de outros aspectos passivos de melhorias que podem ser encontrados durante a pesquisa.

### **1.1. Justificativa e relevância**

As próteses têm se mostrado, em muitos casos, uma tecnologia indispensável na reinserção social de indivíduos amputados. No entanto, o desconforto social e a ansiedade acerca da imagem corporal parecem persistir quando há um aumento da restrição de atividades. Fatores associados à adaptação positiva do coto ao *socket* mostram-se cruciais no enfrentamento e resolução destes problemas. Esse item importante, o *socket*, ainda é fabricado por uma metodologia empírica, dependente das habilidades do técnico protesista, além de não satisfatória para o paciente, podendo ser desconfortável.

Dispositivos como *scanner 3D*<sup>5</sup> (tridimensional) se apresentam como novas possibilidades tecnológicas que podem auxiliar o processo de medição de membros. O design apresenta diversas ferramentas e abordagens capazes de interferir para o melhoramento de processos diversos, como aquele voltado para a medição de cotos para protetização. Sendo assim, a presente pesquisa se enquadra dentro do campo do design adequadamente, na medida em que a área tem muito a contribuir para um processo de medição de coto mais eficaz e humanizado.

### **1.2. Objetivos**

#### **1.2.1. Objetivo Geral**

---

<sup>5</sup> *Scanner 3D* é um aparelho capaz de analisar um objeto real e transformá-lo em um modelo digital passível de análises e alterações.

Explorar o método tradicional e de digitalização 3D para medição de cotos e estabelecer um comparativo entre ambos.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- Analisar o método tradicional de medição de cotos, levando em conta suas vantagens e desvantagens para o cenário do S.U.S.;
- Analisar o método de digitalização 3D de cotos levando em conta suas vantagens e desvantagens para o cenário do S.U.S.;
- Verificar possibilidade de melhoramento do encaixe do coto na prótese por meio da manipulação digital.
- Comparar ambos os processos de medição de coto de forma analítica;
- Comparar ambos os processos de medição de coto na perspectiva do paciente;

### 1.3. Materiais e métodos

O método de pesquisa selecionado para alcançar os objetivos deste trabalho foi a de análise comparativa, com foco qualitativo seguida de uma pesquisa exploratória. O método de análise citado auxilia no estabelecimento de parâmetros para comparação entre a medição de cotos praticada no sistema de saúde público e a medição com *scanner 3D*. A *escolha* por métodos de análise qualitativa justifica-se visto que a percepção do paciente em relação ao processo é o centro das discussões aqui levantadas.

O estudo é dividido em duas etapas, a primeira etapa é um estudo de caso clínico que visa obter uma comparação da técnica e da percepção do usuário entre os métodos tradicional e de digitalização 3D. Na segunda etapa é um estudo exploratório de manipulação digital visando melhoramento do encaixe do coto no socket da prótese como contribuição do design.

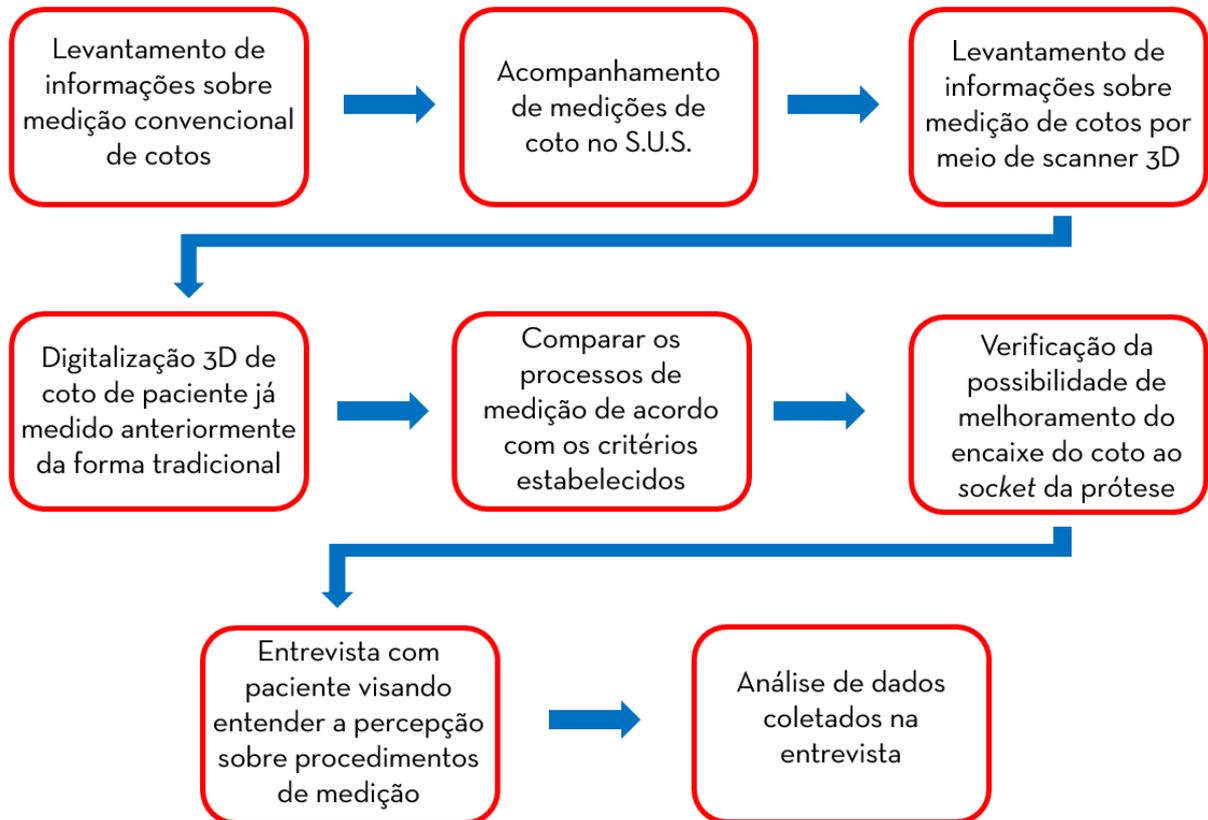
### 1.3.1. Procedimentos metodológicos da pesquisa

A ordem das etapas realizadas na pesquisa é descrita detalhadamente a seguir:

- 1 - Levantar informações referentes ao processo de medição tradicional de cotos no S.U.S.;
- 2 - Acompanhar o processo de medição de cotos no S.U.S.;
- 3 - Levantar informações referentes ao processo de digitalização 3D em geral e aplicados a membros amputados;
- 4 - Digitalizar coto de 1 paciente que já foi medido anteriormente pelo método tradicional;
- 5 - Comparar os processos de medição de acordo com os critérios: tempo, conforto, risco, grau de exposição do paciente;
- 6 - Verificação da possibilidade de melhoramento do encaixe do coto ao *socket* da prótese;
- 7 - Entrevistar 1 paciente por meio de questionário semiestruturado para coleta de informações sobre sua percepção acerca de ambos os procedimentos;
- 8 - Analisar os dados coletados, comparando os métodos de medição segundo a percepção do paciente.

Na Figura 2 temos uma demonstração das etapas da pesquisa de forma simplificada:

Figura 2 - Etapas do projeto.



Fonte: Do autor, 2018.

### 1.3.2. Materiais utilizados na medição do S.U.S.

Os equipamentos usados durante o procedimento de medição habitual de coto são listados a seguir: canivete, paleta de cores, fita métrica, paquímetro analógico, medidor de coto, medidor de pé, lápis, tala gessada, guia de corte, fita métrica, filme plástico e caneta. Todos os equipamentos e suas respectivas figuras são encontradas no capítulo 4.

### 1.3.3. Materiais utilizados para digitalização 3D

Os equipamentos usados para digitalizações foram os *scanners 3D Sense*, *Artec MHT* e *Vorum Spectra*, que são mostrados no capítulo 5. No teste com o paciente foi usado apenas o *scanner 3D Sense*. Embora existam outros aparelhos com maior precisão para obtenção de medidas, o dispositivo citado possui qualidade

considerada satisfatória. Outro critério de escolha foi o custo baixo em comparação aos demais *scanners* disponíveis no mercado<sup>6</sup>, visto que este é um fator relevante mediante à realidade S.U.S.

#### 1.4. Procedimentos éticos

Os pacientes assinaram um termo previamente ao acompanhamento das medições, permitindo utilização dos dados e imagens obtidos na medição para finalidades de pesquisa.

#### 1.5. Estrutura do documento

A dissertação é dividida conforme a descrição abaixo:

Capítulo 1: Introdução – composto por uma introdução inicial de temas que perpassam a pesquisa, seguidos de justificativa e relevância, objetivo geral, objetivos específicos, materiais e métodos e procedimentos éticos;

Capítulo 2: Contextualização – o capítulo aborda as bases teóricas que auxiliam na construção dos conceitos de amputação, exemplos recentes de projetos de sockets próteses considerados bem-sucedidos e a preparação do paciente para cirurgia eletiva;

Capítulo 3: Medições de cotos no Sistema Único de Saúde (S.U.S.) - dois processos de medição de coto foram acompanhados, sendo um transtibial e outro uma amputação de Chopart. Todo o procedimento é descrito, incluindo alguns instrumentos usados para a medição;

Capítulo 4: Digitalização 3D – surgimento e desdobramentos atuais da técnica, demonstrações de diferentes *scanners* com focos diversos, chegando até a popularização da técnica por meio de uso aparelhos celulares;

Capítulo 5: Estudo exploratório – consiste na realização de testes pilotos com *scanners* de diferentes características aplicados a uma mão de gesso simulando a de um paciente. Posteriormente os arquivos obtidos por meio da digitalização 3D serão transferidos para um *software* de impressão 3D para verificar adequação e testar

---

<sup>6</sup> Preço de \$499,00 disponível em <<https://br.3dsystems.com/shop/sense/order>>, 15/04/2017.

ajustes que podem ser úteis para melhorar o conforto e a adaptação do paciente à prótese;

Capítulo 6: Estudo de caso – será realizada uma digitalização 3D do coto de um paciente que já passou pelo processo habitual de medição do S.U.S. Em seguida, será aplicado um questionário com intenção de comparar ambos métodos de medição de cotos. As respostas serão analisadas sob a ótica do design para que haja parâmetros para sugestão do melhor método segundo a paciente.

Capítulo 7: Conclusão – por fim, são demonstrados os resultados e as discussões sobre o tema, considerações finais e sugestões para trabalhos futuros vislumbrados durante a pesquisa.

## CAPÍTULO • 2

### • 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

- 2.1. Amputações
- 2.2. Exemplos de próteses inovadoras
- 2.3. Preparo pré-cirúrgico do paciente eletivo



## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

### 2.1. Amputações

Amputação é a palavra empregada para definir retirada total ou parcial de um membro, sendo o tratamento para diversas doenças ou consequências de fatalidades. Segundo Floreano e Mattiussi (2008):

Guerras e conflitos inevitavelmente estimularam a evolução da tecnologia de órteses e prótese (...) Ambroise Paré (1510-1590), um cirurgião do exército francês pode ser chamado de pai de cirurgia de amputação e próteses. Ele desenvolveu a ligadura, que eliminou a separação do membro residual para parar o sangramento. Ele usou a seleção do local para tentar produzir membros que fossem tão úteis quanto possível, e ele projetou próteses e seguiu o resultado de seus pacientes.<sup>7</sup> (FLOREANO; MATTIUSSI, 2008, p.105, tradução nossa)

A reabilitação deve contar com uma equipe multiprofissional, por exemplo, médicos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, psicólogos, etc. O projeto deve ainda buscar atenção integral e evitar a existência de condutas conflituosas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

É importante salientar que a amputação deve ser sempre encarada dentro de um contexto geral de tratamento e não como a sua única parte, cujo intuito é prover uma melhora da qualidade de vida do paciente. A cirurgia de amputação tem por objetivo retirar o membro acometido e criar novas perspectivas para a melhora da função da região amputada. O cirurgião deve ter em mente que, ao amputar um segmento corporal do paciente, estará criando um novo órgão de contato com o meio exterior, o coto de amputação, e deverá planejar a estratégia cirúrgica antevendo um determinado processo de reabilitação. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013, p.6).

A prótese mais antiga já encontrada origina-se de uma tumba romana na cidade italiana de Capoa, em 1858, feita de forma precária, utilizando cobre e madeira, data

---

<sup>7</sup> Wars and conflicts have inevitably stimulated developments in O&P technology (...) Ambroise Paré (1510-1590), a French army surgeon can rightly be called the father of amputation surgery and prosthetics. He developed the ligature, which eliminated searing the residual limb to stop bleeding. He used site selection to try to produce limbs that were as useful as possible, and he designed prostheses and followed the outcome of his patients.

de 300 a.C., do período das guerras Samnitas (CHALLONER, 2010). A prótese pode ser vista na figura 3.

Figura 3 - Prótese mais antiga já encontrada.



Fonte: CHALLONER, 2010.

O Ministério da Saúde do Brasil lançou em 2013 um guia chamado Diretrizes de Atenção à Pessoa Amputada, com dados diversos e informações sobre procedimentos aconselháveis para apreciação geral da população, mas com foco em equipes multiprofissionais, para que possam tratar da melhor maneira possível pessoas com amputações.

Destaca-se o número de 49.165 amputados no S.U.S. em 2011 e a causa maior de amputação, causas externas, como acidentes de trabalho ou automobilísticos. Tal situação de amputação, requer um cuidado ainda maior por parte da equipe envolvida no processo, considerando-se que o emocional do paciente tende a sofrer grandes abalos com a perda inesperada de um órgão e o complexo processo de recuperação logo após a amputação. A tabela 1 mostra as demais causas de amputação no Brasil:

Tabela 1 - Frequência de procedimentos de amputação no S.U.S., dividido por motivo da amputação.

	Causas	Frequência	%
1	Causas externas	16.294	33,1%
2	Algumas doenças infecciosas e parasitárias	8.808	17,9%
3	Doenças do aparelho circulatório	7.905	16,1%
4	Diabetes	6.672	13,6%
5	Gangrena (não classificada em outra parte)	5.136	10,4%
6	Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo	2.961	6,0%
7	Neoplasias	957	1,9%
8	Doenças da pele e do tecido subcutâneo	230	0,5%
9	Malformações congênitas, deformidades e anomalias cromossômicas	202	0,4%
	<b>Total</b>	<b>49.165</b>	<b>100%</b>

Fonte: Ministério da Saúde, 2013.

O problema da aceitação torna-se ainda mais denso na sociedade atual, visto que há uma cultura de valorização estética estabelecida que inclui cuidados com o corpo. Bauman (2010) cita uma entrevista de Willian Saletan, onde destaca o crescimento da indústria de cirurgias relacionadas a estética.

Dependendo de como se façam os cálculos, o seguimento da cirurgia estética – subsetor dos serviços de saúde de luxo e parente do mercado de estética facial – mobiliza entre US\$12 bilhões e US\$20 bilhões por ano. Duas semanas atrás, o New York Times declarou que, no ano passado, entre dezoito especialidades médicas, as três áreas que mais atraíram os graduados das escolas de medicina que haviam alcançado as maiores notas nos exames de certificação médica se relacionavam ao campo de estética. (BAUMAN, 2010, p.74).

Goffman (2004) destaca ainda a dificuldade das pessoas próximas e familiares em lidar com a deficiência:

(...) o indivíduo que se relaciona com um indivíduo estigmatizado através da estrutura social - uma relação que leva a sociedade mais ampla a considerar ambos como uma só pessoa. Assim, a mulher fiel do paciente mental, a filha do ex-presidiário, o pai do aleijado, o amigo do cego, a família do carrasco, todos estão obrigados a compartilhar um pouco o descrédito do estigmatizado com o qual eles se relacionam. Uma resposta a esse destino é abraçá-lo e viver dentro do mundo do familiar ou amigo do estigmatizado. Dever-se-ia acrescentar que as pessoas que adquirem desse modo um certo grau de estigma podem, por sua vez, relacionar-se com outras que adquirem algo da

enfermidade de maneira indireta. Os problemas enfrentados por uma pessoa estigmatizada espalham-se em ondas de intensidade decrescente. (GOFFMAN, 2014, p. 28).

Quando analisamos a evolução na confecção de próteses, notamos que os avanços são pontuais e demorados. Cenário que vem mudando apenas recentemente.

## 2.2. Exemplos de *sockets* e próteses

Para exemplificar um projeto com resultado final satisfatório, mas com processo de medição sem inovações, foi selecionado um projeto da empresa LEGO em parceria com o *Centro Integral de Rehabilitación de Colombia (C.I.R.E.C.)*, onde uma criança amputada de nome Dario, recebe um *socket* que pode suportar encaixes para variados brinquedos da marca LEGO. O projeto foi premiado pelo site de design, Core 77, em 2015 na categoria estudante e é mostrado na figura 4 abaixo:

Figura 4 - Processo de medição e entrega de prótese para Dario.



Fonte: <http://designawards.core77.com/Open-Design/29865/IKO-Creative-Prosthetic-System>, 2015.

Alguns procedimentos experimentais são realizados em pacientes, mas o alto custo do processo impede que os mesmos sejam replicados em maior escala. Um exemplo é o procedimento demonstrado na figura 5, onde foi feito um implante da prótese diretamente no osso do paciente que consegue movimentar seu braço biônico e realizar tarefas corriqueiras como segurar objetos.

Figura 5 - Prótese com implante ósseo.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=-0srXvOQlu0>, 2016.

O valor aproximado do orçamento deste projeto é de 120 milhões de dólares e foi produzido no *Johns Hopkins Applied Physics Laboratory*, em *Maryland*, nos Estados Unidos.

### 2.3. Preparo prévio do paciente para cirurgia eletiva

A reabilitação do paciente amputado, quando possível, começam antes da amputação, caso não haja contraindicações para o paciente, ações de reabilitação, já podem ser iniciadas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2013).

Detectada a necessidade de amputação, a escolha do nível de amputação deve considerar a preservação máxima do comprimento, além de outros fatores como uma boa cicatrização, cobertura da pele e preservação de sensibilidade (GANZ, 2002).

Uma versão mais completa de níveis de amputação é disponibilizada no anexo 5 ao fim da dissertação, a tabela de Classificação Internacional de Doenças (C.I.D.) que segundo Di Nubila (2010), classifica doenças, distúrbios e lesões.

## CAPÍTULO • 3

- 3. MEDIÇÕES DE COTOS NO S.U.S.
  - 3.1. Acompanhamento do processo atual de medição no S.U.S.
  - 3.2. Estudo de caso 1 – amputação de Chopart
    - 3.2.1. Etapas da medição para amputação de Chopart
  - 3.3. Estudo de caso 2 – amputação transtibial
    - 3.3.1. Etapas da medição para amputação transtibial
  - 3.4. Instrumentos usados para medição
    - 3.4.1. Fita métrica
    - 3.4.2. Paquímetro analógico
    - 3.4.3. Etapas da medição para amputação transtibial



### **3. MEDIÇÕES DE COTOS NO S.U.S.**

#### **3.1. Acompanhamento do processo atual de medição no S.U.S.**

Para uma melhor compreensão do atual processo de medição de coto usado como referência para feitura de próteses, dois pacientes foram acompanhados e tiveram a medição registrada por meio de fotos e anotações na Associação Mineira de Reabilitação (A.M.R.)<sup>8</sup>.

As medições de coto de pacientes foram feitas com acompanhamento de um profissional da instituição que possui mais de 20 anos de experiência com o processo. Não é usado durante o processo nenhum tipo de passo a passo a ser seguido, sendo o conhecimento apenas tácito por parte dos funcionários que fazem os moldes.

#### **3.2. Estudo de caso 1 - amputação de Chopart**

A amputação da primeira paciente é denominada amputação de Chopart. Ela caracteriza-se por uma separação do antepé na articulação mediotársica.<sup>9</sup> A causa da amputação foi o um acidente automobilístico.

O nome do processo cirúrgico de amputação parcial do pé, origina-se do sobrenome do médico cirurgião, professor e escritor francês François Chopart, que viveu no século 18 e foi pioneiro em diversos procedimentos médicos, entre eles, a amputação de pés e cirurgias urológicas. Na figura 6 temos um raio x de um paciente que passou pelo processo de amputação Chopart.

---

<sup>8</sup> Inaugurada no ano de 1964, a Associação Mineira de Reabilitação é uma organização não governamental que auxilia crianças e adolescentes portadores de deficiências diversas, dentre outros males que acometem os pacientes da instituição.

<sup>9</sup> Disponível em <<https://goo.gl/t17WRX>> 18/05/2017.

Figura 6 - Raio x de um paciente que sofreu amputação de Chopart.



Fonte: <https://musculoskeletalkey.com/choparts-amputation-for-osteomyelitis-of-the-midfoot>, 2018.

A paciente calça um par de botas especialmente confeccionado para ficar por dentro de algum outro calçado normal. O calçado confeccionado é demonstrado na figura 7.

Figura 7 - Bota ortopédica usada pelo paciente.



Fonte: Do autor, 2018.

O par de botas usado por cima das ortopédicas no dia da medição pode ser observado na figura 8.

Figura 8 - Calçado usado por cima da bota ortopédica.



Fonte: Do autor, 2018.

O membro direito amputado pode ser visto na figura 9.

Figura 9 - Pé amputado.



Fonte: Do autor, 2018.

### 3.3.2. Etapas da medição para amputação de Chopart

Para uma compreensão mais simples do processo, foi feita uma divisão das etapas de medição, totalizando 7. As etapas são descritas abaixo:

1º etapa – Passam-se algumas camadas de filme plástico para cobrir o coto, como mostrado na figura 10. A camada plástica tem como principais funções evitar o contato direto da atadura gessada, que quando humedecida transforma-se em gesso, com a pele do paciente e facilitar posteriormente a retirada do molde.

Figura 10 - Coto sendo envolto por filme plástico.



Fonte: Do autor, 2018.

2º etapa – Marcações de proeminências ósseas e pontos de referência para execução de molde, feitas com pincel atômico conforme figura 11.

Figura 11 – Marcações feitas com caneta.



Fonte: Do autor, 2018.

3º etapa – A fixação da guia de corte é demonstrada na figura 12. Usam-se fitas adesivas para prender as guias na proteção plástica do coto.

Figura 12 – Fixação da guia de corte.



Fonte: Do autor, 2018.

4º etapa – Na figura 13 mostra a passagem de atadura gessada já humedecida com água morna e tornar-se gesso.

Figura 13 – Cobertura da guia de corte pela tala gessada.



Fonte: Do autor, 2018.

5º etapa – É realizada a umidificação da faixa para marcar a pegada da paciente em uma espuma. Essa etapa tem grande importância, pois demarca a região do pé que sofrerá maior pressão quando a pessoa amputada estiver de pé. O processo é visto na figura 14.

Figura 14 – Marcação da pegada do paciente.



Fonte: Do autor, 2018.

6º etapa – Conforme figura 15, já com o gesso seco, é feita a marcação com pincel atômico na parte frontal para posterior recorte, além da marcação do osso maléolo lateral para auxiliar na confecção da bota ortopédica.

Figura 15 – Marcações no gesso seco.



Fonte: Do autor, 2018.

7º etapa – Retirada do gesso já moldado - Passa-se um estilete na região central e frontal do molde. A retirada pode ser observada na figura 16.

Figura 16 – Retirada do molde.



Fonte: Do autor, 2018.

### 3.3. Estudo de caso 2 - amputação transtibial

Na amputação transtibial, que é uma amputação na área da perna, a tíbia e a fíbula são cortadas. Vê-se na figura 17 um raio x de uma amputação transtibial.

Figura 17 – Raio x de perfil de uma amputação transtibial.



Fonte: [goo.gl/nnbaVg](http://goo.gl/nnbaVg), 2010.

Para a protetização, são necessários um pé protético, adaptadores e elementos de conexão para o encaixe protético. O encaixe é o componente protético que conecta a prótese ao membro residual, ou seja, o coto.<sup>10</sup>

### 3.3.1. Etapas da medição para amputação transtibial

As etapas para a medição transtibial descritas na sequência:

1º etapa - O coto é envolto por várias camadas de filme plástico, posteriormente são feitas marcações que servirão como guia para confecção da prótese. A figura 18 mostra o processo descrito.

Figura 18 – Cobertura com filme plástico e marcações de pontos de referência importantes.



Fonte: Do autor, 2018.

2º etapa - Uma guia de corte é segurada pelo paciente e a tala gessada é passada no entorno dela e do coto. A tala é então umedecida para que se transforme em gesso conforme figura 19.

---

<sup>10</sup> <https://www.ottobock.com.br/prosthetics/informa%C3%A7%C3%A3o-para-amputados/da-amputa%C3%A7%C3%A3o-a-reabilita%C3%A7%C3%A3o/n%C3%ADvel-de-amputa%C3%A7%C3%A3o/>

Figura 19 – Paciente auxiliando na fixação da guia de corte.



Fonte: Do autor, 2018.

3º etapa - Enquanto o gesso está secando, o profissional de saúde passa a mão de baixo para cima no coto, com intuito de afinar a parte inferior do coto. Tal procedimento auxilia na fixação protética, segundo o profissional de saúde. O processo é visualizado na figura 20.

Figura 20 – Ajuste do gesso enquanto seca.



Fonte: Do autor, 2018.

4º etapa - A parte do molde que será cortada para retirada do coto é marcada e pode ser vista na figura 21.

Figura 21 – Marcação para posterior corte.



Fonte: Do autor, 2018.

5º etapa - A perna hígida também é usada como referência de medidas para o molde, como demonstrado na figura 22. Três pontos diferentes são medidos com uma fita métrica.

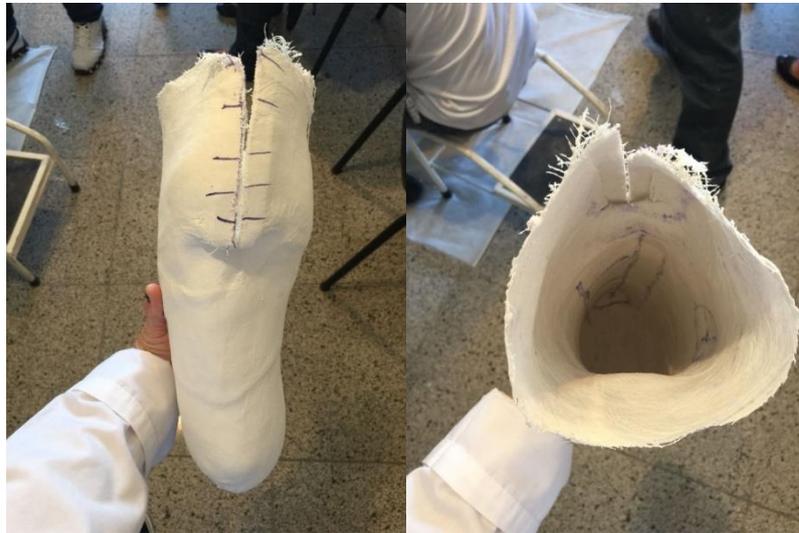
Figura 22 - Medição com fita métrica.



Fonte: Do autor, 2018.

6º etapa - O molde final pode ser visto na figura 23. Os moldes são posteriormente armazenados na oficina ortopédica da instituição.

Figura 23 – Molde transtibial.



Fonte: Do autor, 2018.

Uma seleção de cor buscando aproximar-se do tom de pele do paciente com o tom da futura prótese também é realizada. Para tal procedimento há uma paleta de cores mostrada na figura 24 que é posicionada próxima a pele e então comparada e selecionada. Sete opções são disponibilizadas na paleta usada nos dias da medição.

Figura 24 – Paleta de cores para prótese.



Fonte: Do autor, 2018.

Durante todo o processo, uma assistente da fisioterapeuta responsável pelo atendimento preenche uma folha pré-formatada conforme figura 25, com informações

importantes para o funcionário responsável pelas medições, tais como medidas do coto, tempo de amputação e idade do paciente.

Figura 25 - Folha para marcação da perimetria da prótese.

(01)

PERIMETRIA DE PRÓTESE

Posto: AMR ( ) PARTICULAR ( ) CREAB ( ) CGR  PE. EUSTÁQUIO ( )

Associação Mineira de Reabilitação

PACIENTE: \_\_\_\_\_ DATA: 04/05/18

IDADE: 67 COR: 05 PESO: \_\_\_\_\_

TEMPO DE AMPUTAÇÃO: 3 anos

CAUSA DA AMPUTAÇÃO: Diabetes

PRIMEIRA PRÓTESE? Não LADO: direito

COTO ( ) ABDUZIDO ( ) ADUZIDO ( ) MUSCULATURA: RÍGIDO ( ) MÉDIA ( ) FLÁCIDA ( )

COMPRIMENTO DO PÉ \_\_\_\_\_ AP (0) ML ( ) 9,5

TÉCNICO \_\_\_\_\_

Fonte: Do autor, 2018.

### 3.4. Instrumentos usados para medição

Foi realizada também uma observação específica sobre os instrumentos utilizados para aplicar as medições de cotos. Destaca-se o fato de que alguns dos instrumentos foram planejados e produzidos de forma artesanal pelos próprios funcionários que fazem as medições. Outros, não projetados para tal função, são utilizados de forma adaptada para essa função. Uma listagem dos principais instrumentos é feita abaixo:

#### 3.4.1. Fita métrica

A fita, usada em outros diversos processos de medição, capta dimensões, mas é passível de erros provenientes de posicionamento ou, o quão ajustada o instrumento está no momento de medir. A fita é vista na figura 26.

Figura 26 – Fita métrica.



Fonte: Do autor, 2018.

#### 3.4.2. Paquímetro analógico

O instrumento mostrado na figura 27 é usado para medição de alguns pontos de grande relevância do coto, como a extremidade e o ponto de apoio da prótese. As variáveis tácitas citadas para a fita métrica também estão presentes no momento da medição com o paquímetro.

Figura 27 - Paquímetro analógico.



Fonte: Do autor, 2018.

### 3.4.3. Instrumentos desenvolvidos pelos funcionários

As necessidades específicas durante a medição levaram os funcionários da oficina ortopédica da A.M.R. a projetar dois instrumentos para medição. O primeiro deles é chamado pelos funcionários de medidor de cotos e é mostrado na figura 28.

Figura 28 – Medidor de coto.



Fonte: Do autor, 2018.

O instrumento não tem flexibilidade para adaptação em casos onde extremidade do coto não são regulares, não considerando então variáveis possíveis como proeminências ósseas.

O medidor de pé é usado para ocasiões onde há uma amputação unilateral. Nesse caso é realizado um espelhamento das medidas do pé remanescente para cópia na prótese. O instrumento é mostrado na figura 29.

Figura 29 – Medidor de pé.



Fonte: Do autor, 2018.

O instrumento produzido pelos funcionários considera apenas as medidas máximas do calcanhar até o a ponta dos dedos e tem rebites que entram em contato direto com o pé do paciente.

Uma vez compreendido o processo de medição convencional no S.U.S., o passo seguinte foi a exploração e verificação de possíveis melhorias no processo de medição via digitalização 3D.

# CAPÍTULO • 4

## • 4. DIGITALIZAÇÃO 3D

- 4.1. Utilizações atuais da digitalização 3D
  - 4.1.1. Cinema
  - 4.1.2. Preservação artística
  - 4.1.3. Saúde
  - 4.1.4. Scanner focado em membros
- 4.2. Popularização do processo de digitalização 3D



#### 4. DIGITALIZAÇÃO 3D

Segundo Basalla (1989), grande parte da sociedade acredita que as evoluções tecnológicas são frutos de trabalhos heroicos e individuais. Tal percepção é chamada por ele de teoria da descontinuidade. Fortalecida, muitas vezes, por visões nacionalistas passionais, nomes de grandes inventores que são difundidos e associados ao lembrarmos de invenções, assim como pela percepção poética da teoria da descontinuidade evolutiva, com grandes insights e histórias inusitadas, por exemplo, a história da maçã que teria caído sobre a cabeça de Newton levando-o a ideia inicial da teoria da gravidade. Quando comparadas à teoria da continuidade, onde uma grande invenção é considerada fruto de variados e pequenos avanços históricos que em algumas vezes podem levar séculos para resultar em uma invenção de fato relevante para determinados grupos de nossa sociedade. Basalla (1989) fortalece ainda sua teoria dizendo:

A menor coesão acadêmica que se preocupa com questões da história da tecnologia e das ciências rejeita essa explicação como simplista porque reduz os complexos desenvolvimentos tecnológicos a uma série de grandes invenções que explodiram precipitadamente sobre a cena. No entanto, alguns historiadores ofereceram formulações mais sofisticadas de explicações descontínuas que não dependem das contribuições do inventor heroico. Tais teóricos tomam a sugestão da suposta natureza revolucionária da mudança científica. (BASALLA, 1989, p.26, tradução nossa)<sup>11</sup>.

Ao se analisar profundamente a história por trás de grandes avanços tecnológicos que influenciam a produção de próteses, como impressão a 3D, nota-se, com maior frequência, que o processo tende mais para a continuidade evolutiva do que para evolução com fortes rupturas, ou descontínua.

A foto-escultura, pode ser considerada um dos passos iniciais para o surgimento do que chamamos hoje de digitalização 3D. O objetivo era reproduzir formas humanas e objetos com melhor qualidade do que era possível com outros recursos do período. Desenvolvida em 1860, consistia na reprodução de um objeto

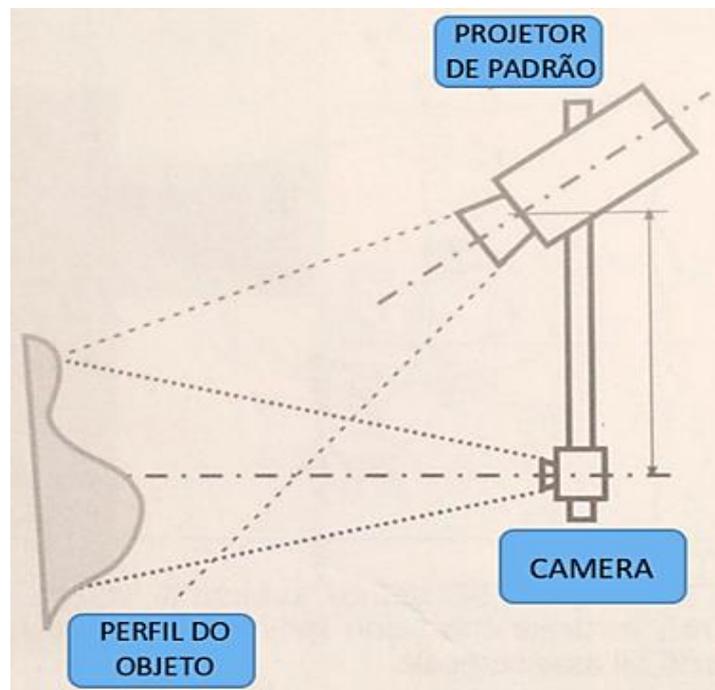
---

<sup>11</sup> The smaller scholarly community that concerns itself with issues in the history of technology and Science rejects this explanation as simplistic because it reduces complex technological developments to a series of great inventions that precipitately burst upon the scene. However some historians have offered more sophisticated formulations of the discontinuous explanation that do not rely upon the contributions of heroic inventors. Such theorists take their cue from the supposed revolutionary nature of scientific change.

tendo como referências 24 fotografias do seu entorno, para que posteriormente um artista pudesse esculpi-lo (VOLPATO, 2007). A técnica se assemelha a sobreposição de fotos usada ainda nos dias de hoje no processo de fotogrametria.

A digitalização ou scaneamento 3D é hoje em sua maior parte feita com uso de luz estruturada. Há uma projeção de padrão sobre o objeto, o que auxilia na captura feita por uma câmera geralmente acoplada ao scanner permitindo assim a formação da malha tridimensional em diferentes *softwares* (GUIDI; RUSSO; BERARDIN; 2010). Um esquema simplificado do funcionamento pode ser visto na figura 30 abaixo.

Figura 30 – Esquema de funcionamento da digitalização 3D por luz estruturada.



Fonte: Adaptado de GUIDI; RUSSO; BERARDIN; 2010.

#### 4.1. Utilizações atuais da digitalização 3D

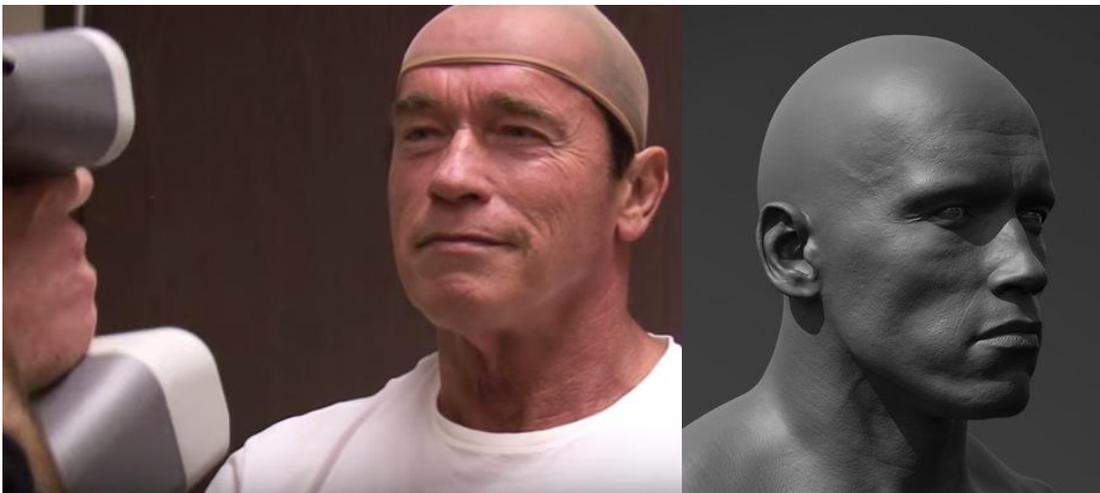
A digitalização tridimensional é usada atualmente para diversas finalidades, indo desde usos ligados ao lazer, até utilizações onde auxilia de forma relevante a ciência e a saúde. Exemplos de algumas utilizações, usando aparelhos de diferentes fabricantes de *scanners* são mostrados adiante.

#### 4.1.1 Cinema

A digitalização 3D é usada em filmes que envolvem efeitos especiais e animações, devido à facilidade de migração do arquivo digitalizado para outros *softwares* onde pode ocorrer manipulação da malha tridimensional para ajustes que possam ser feitos diretamente na malha tridimensional capturada dos atores.

A figura 31 mostra a digitalização e a malha tridimensional do ator Arnold Schwarzenegger para o filme o exterminador do futuro: Gênesis do diretor Alan Taylor, lançado em 2015.

Figura 31- Digitalização do rosto do ator Arnold Schwarzenegger.



Fonte: [www.artec3d.com/cases/arnold-schwarzenegger-3d-scanned-terminator-genisys](http://www.artec3d.com/cases/arnold-schwarzenegger-3d-scanned-terminator-genisys), 2018.

#### 4.1.2. Preservação Artística

Algumas obras de arte, como esculturas ao céu aberto, sofrem desgaste ao passar do tempo, podendo comprometer sua qualidade ou mesmo ameaçando sua existência. Uma alternativa para tal problema, é a manutenção das obras originais em um local com menos influencias de intempéries e seguida da substituição as obras, no local original, por cópias, podendo as mesmas ser digitais.

Os profetas, obra do escultor Aleijadinho, em Congonhas, no estado de Minas Gerais, é um exemplo onde a tecnologia de digitalização 3D foi usada para preservação do patrimônio. Há também um site onde é possível fazer um *tour* virtual pela igreja e conseqüentemente visualizar as obras de forma interativa, escolhendo a distância e posição para observação das mesmas, como observado na figura 32.

Figura 32 – Ambiente artificial criado por digitalização 3D.

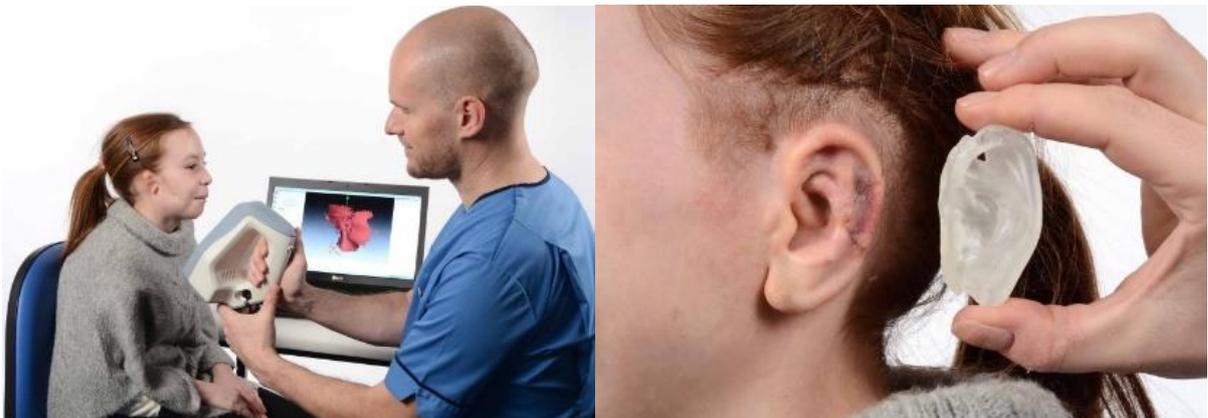


Fonte: <http://www.aleijadinho3d.icmc.usp.br>, 2018.

#### 4.1.3. Saúde

As aplicações da digitalização ligadas à saúde são diversas, serão abordadas aqui duas ocasiões que dialogam com as necessidades da pesquisa. A primeira, na figura 33, mostra a medição de uma orelha com deformidades, para posterior confecção de um implante feito por impressão 3D.

Figura 33 - Processo de digitalização de orelha com deformidades.



Fonte: [www.artec3d.com/cases/prosthetic-3d-printed-ear-implants](http://www.artec3d.com/cases/prosthetic-3d-printed-ear-implants), 2018.

Na segunda ocasião, retirada do site da Artec, fabricante de *scanners 3D*, mostrada na figura 34, ocorre a substituição de moldes de gesso, pelo arquivo digital dos mesmos. Isto permite a criação de banco de dados de pacientes, fator que tende a auxiliar em pesquisas científicas, além disso, evita acúmulo e gasto de material em hospitais ou clínicas que façam medições.

Figura 34 – Digitalização de moldes de gesso.



Fonte: [www.artec3d.com/cases/digital-copies-orthotic-device-molds](http://www.artec3d.com/cases/digital-copies-orthotic-device-molds), 2018.

A medição do coto ou de algum órgão defeituoso tende a ser uma ação artesanal e difícil devido à variedade de tipos de amputação. O processo de digitalização, pode ser uma alternativa para lidar com tais variedades e especificidades ao se medir.

#### 4.1.4. *Scanners* focados em membros

A percepção de mercado das indústrias de tecnologias 3D abriu caminho para produção de *scanners 3D* focados em medição de membros, a canadense Vorum é um exemplo. Uma digitalização pode ser vista na figura 35.

Figura 35 - Digitalização de coto feita pelo aparelho da Vorum.



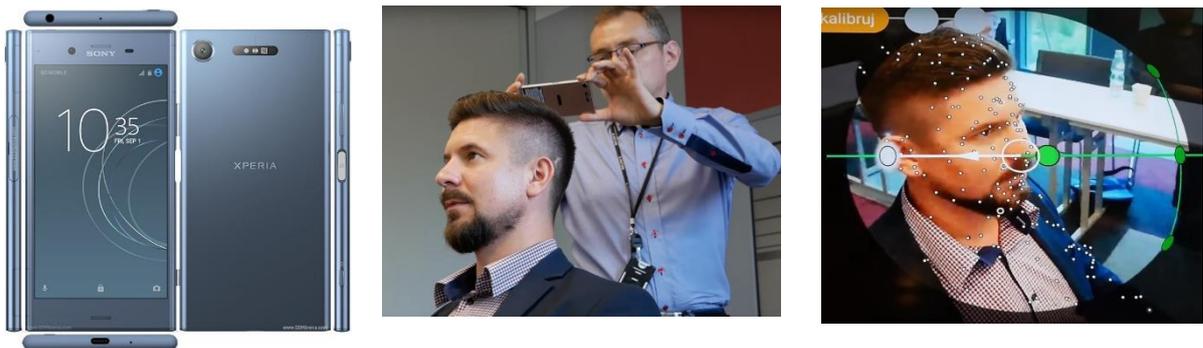
Fonte: <http://academy.vorum.com/courses/take/tt-scanning/lessons/651034-1-1-transtibial-patient-scanning>, 2018.

## 4.2. Popularização do processo de digitalização 3D

Após um início restrito para acesso geral da população, seja por complexidade de execução do processo de medição, ou pelo alto valor dos equipamentos, o processo de digitalização 3D vem tornando-se mais acessível ao público, preços menores e aplicativos grátis e intuitivos para uso em celulares são aliados nesse processo.

A multinacional Sony, lançou em 2017, dois aparelhos com um *scanner 3D* já instalado de fábrica, sem necessidade de conexão com a internet ou download de aplicativos para digitalização. São eles o Xperia XZ1 e XZ1 Compact. Na figura 36 vê-se uma digitalização sendo realizada com a utilização dos aparelhos.<sup>12</sup>

Figura 36 - Digitalização de um busto realizada com celular.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=318s-iG7Kys>, 2018.

Algumas empresas que já trabalhavam com tecnologias tridimensionais iniciaram também o uso de *scanners 3D*. A 3D Systems oferece ao consumidor uma opção financeiramente acessível quando comparada a outros aparelhos presentes no mercado. O *scanner* é mostrado na figura 37.

<sup>12</sup> Disponível em <<https://www.tecmundo.com.br/software/121536-sony-scanner-3d-nativo-xperia-xz1-xz1-compact.htm>>, acesso em 11/12/2017.

Figura 37 - Scanner 3D Sense.



Fonte: <https://www.3dsystems.com/shop/sense>, 2018.

No intuito de compreender melhor o funcionamento do processo de digitalização 3D, testes foram realizados com dispositivos de diferentes preços e focos ao digitalizar.

# CAPÍTULO • 5

## • 5. ESTUDO EXPLORATÓRIO

- 5.1. Testes com *scanners* 3D e molde de gesso
  - 5.1.1. Preparação de molde de gesso
  - 5.1.2. Digitalização 3D de molde
- 5.2. Transição para software de impressão 3D



## 5. ESTUDO EXPLORATÓRIO

### 5.1. Testes com *scanners 3D* e molde de gesso

Três etapas foram abordadas nos testes, sendo elas:

- 1 – Fabricação de molde de gesso;
- 2 – Digitalização 3D do molde para obtenção das medidas e formação da malha;
- 3 – Trabalho e alteração da malha no software.

#### 5.1.1. Preparação de molde de gesso

O primeiro processo foi a produção de um molde de gesso de uma mão adulta para posterior medição via digitalização 3D, foi usado um balde com alginato. Posteriormente o espaço da mão foi preenchido com gesso como observado na figura 38.

Figura 38 - Produção de molde com gesso e alginato.



Fonte: Do autor, 2018.

O molde permite a exclusão da pessoa no momento da digitalização, deixando assim, um tempo maior para testes com métodos e abordagens diferentes caso necessário.

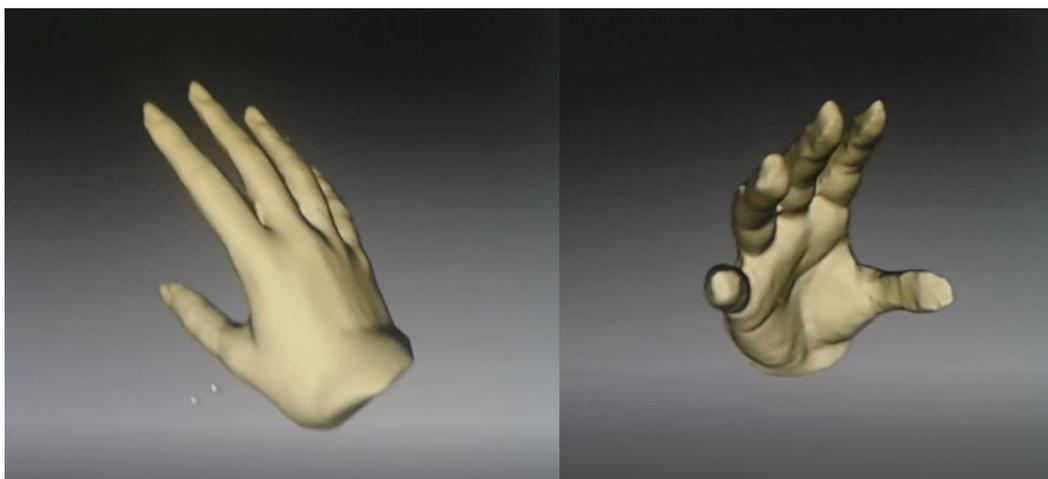
Tratando-se de testes em maior escala, como é o caso no S.U.S., o método exigiria mais material, em caso de necessidade de outra digitalização, teria que ser armazenado, exigindo um espaço físico para tal, ao passo que, quando digitalizado exige a execução do arquivo digital para rever as medidas ou mesmo fazer alterações.

### 5.1.2. Digitalização 3D do molde

Usando o aparelho manual Artec MHT<sup>13</sup>, a medição foi executada buscando a obtenção de um arquivo que possa representar de forma mais fiel possível a mão de gesso e também visando a exportação do arquivo para um *software* de impressão 3D que permita manipulação posterior de malha.

O resultado mostrado na figura 39 abaixo foi considerado satisfatório e não exigiu grandes modificações para que o arquivo com a malha totalmente fechada fosse concluído. Foi salvo um arquivo no formato *stereolithography* (S.T.L.) permitindo execução em *softwares* para impressão 3D.

Figura 39 - Mão digitalizada tridimensionalmente.



Fonte: Do autor, 2018.

---

<sup>13</sup> Detalhes técnicos do dispositivo pode ser visto no anexo D do documento.

Na figura 40 temos a digitalização do molde de gesso com o *scanner* Vorum<sup>14</sup>

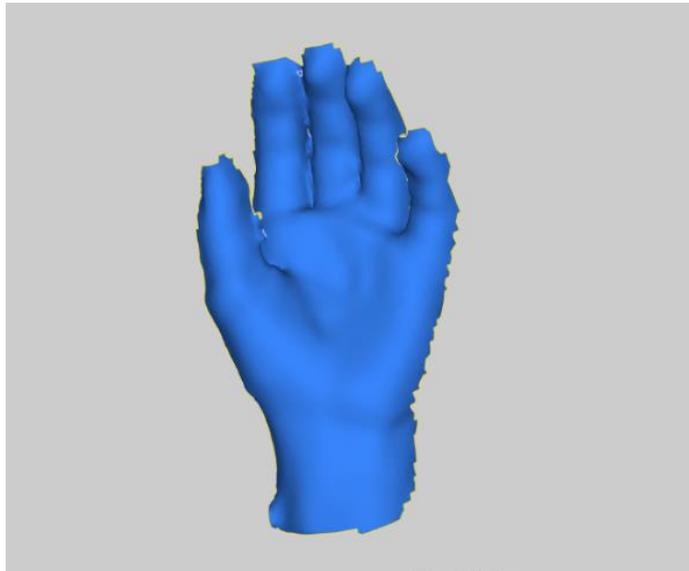
Figura 40 - Digitalização com o *scanner* 3D Vorum.



Fonte: Do autor, 2018.

Na figura 41 temos a malha capturada com o *scanner* Vorum.

.Figura 41- Malha 3D capturada pelo *scanner* Vorum.



Fonte: Do autor, 2018.

---

<sup>14</sup> Detalhes técnicos do dispositivo pode ser visto no anexo F do documento.

Na figura 42 temos a medição sendo feita na mão de gesso com o 3D Sense<sup>15</sup>, aparelho da 3D Systems.

Figura 42 – Digitalização com o *scanner 3D Sense*.



Fonte: Do autor, 2018.

A malha já finalizada é vista na figura 43.

Figura 43 – Malha capturada pelo *scanner 3D Sense*.



Fonte: Do autor, 2018.

---

<sup>15</sup> Detalhes técnicos do dispositivo pode ser visto no anexo H do documento.

Os testes com os diferentes dispositivos de digitalização 3D verificaram que há controle sobre as técnicas necessárias para execução da digitalização. Os melhores aparelhos para obtenção de uma malha de dimensões e aparência semelhante a mão de gesso foram o 3D Sense e o Artec MHT.

## 5.2. Transição para *software* de impressão 3D

Para manipulação da malha digitalizada foi utilizado um *software* da AutoDesk, o Meshmixer. A escolha foi feita devido ao fato do *software* ser livre, não exigindo licenças pagas.

O arquivo anteriormente digitalizado foi executado no *software* exigindo apenas uma diminuição das triangulações da malha, visando torna-lo mais leve para manipulação como mostra a figura 44.

Figura 44 - Malha transferida e alterada no *software* Meshmixer.



Fonte: Do autor, 2018.

Foi feita então uma simulação de retirada de volume por meio de uma operação booleana<sup>16</sup>, a subtração, no local onde um coto de paciente pode se encaixar, como mostrado na figura 45 abaixo.

Figura 45 - Malha simplificada no *software* Meshmixer.



Fonte: Do autor, 2018.

Terminadas as etapas citadas nesse capítulo, entende-se que há viabilidade de no processo de digitalização 3D seguida de alteração de malha 3D como ferramentas auxiliares na produção de *sockets* de próteses que se adaptem de forma melhor ao coto do paciente.

---

<sup>16</sup> Em seu site, a fabricante de softwares, Autodesk, define uma operação booleana como combinação de dois ou mais objetos executando uma operação lógica em sua geometria. Os objetos geralmente se sobrepõem, mas eles não precisam. Os dois objetos originais são os operandos e o próprio objeto booleano é o resultado da operação.

## CAPÍTULO • 6

### • 6. ESTUDO DE CASO

- 6.1. Digitalização 3D de coto
- 6.2. Aplicação de questionário e análise das respostas



## 6. ESTUDO DE CASO

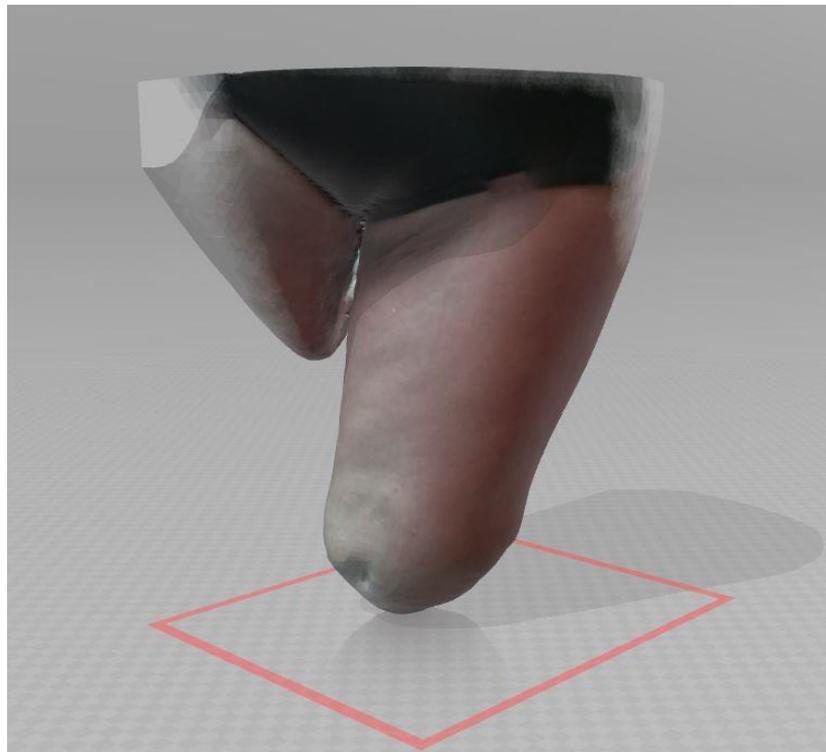
No intuito de fazer com que um paciente amputado pudesse analisar e opinar sobre o melhor método de medição de cotos, foi selecionado um sujeito que anteriormente já havia sido medido da forma convencional com auxílio de gesso, mas que agora teve o coto medido usando um dispositivo de digitalização 3D. A seleção do aparelho 3D Sense foi feita por critérios de preço e qualidade analisados anteriormente no capítulo 5.

### 6.1. Digitalização 3D de coto

A paciente que teve o coto digitalizado pelo *scanner* 3D Sense, possui uma amputação na perna esquerda decorrente de um acidente de moto. O processo de medição foi cronometrado e teve a duração de 6 minutos e 37 segundos.

O *software* 3D Builder, disponível no sistema operacional Windows possibilita a abertura do arquivo com suas respectivas texturas e cores de pele.

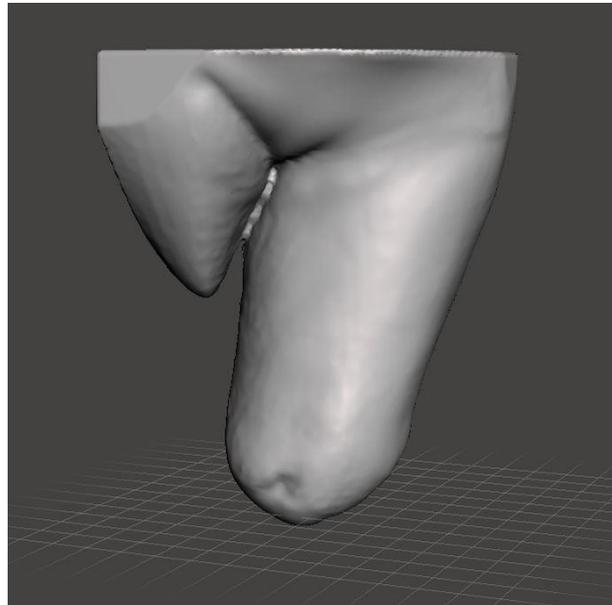
Figura 46 - Malha aberta no 3D Builder.



Fonte: Do autor, 2018.

Foi também realizado uma tentativa bem-sucedida de executar o arquivo no *software* Meshmixer.

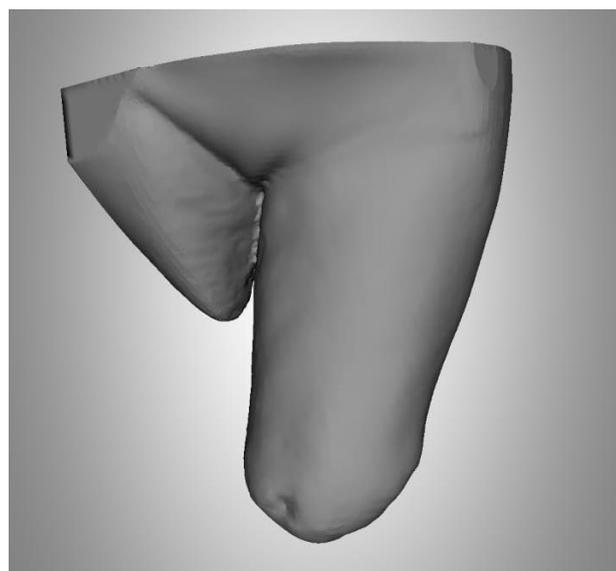
Figura 47- Malha aberta no Meshmixer.



Fonte: Do autor, 2018.

Na figura 48 temos o arquivo em S.T.L. obtido após a medição sendo visualizado em um aplicativo móvel de celular chamado emb3D<sup>17</sup>.

Figura 48 - Malha em S.T.L. aberta no Emb3D.



Fonte: Do autor, 2018.

---

<sup>17</sup> <https://www.emb3d.com/>

Nota-se que a qualidade do arquivo visualizado não é prejudicada com a transição de plataformas.

Visando aprofundar a compreensão sobre a percepção do paciente em relação aos processos de medição habitual e com uso de *scanner 3D*, foi elaborado um questionário semiestruturado contendo 6 perguntas. O questionário pode ser visto a seguir.

## **6.2. QUESTIONÁRIO**

O questionário foi respondido no mesmo local em que a paciente foi digitalizada, no Laboratório de Órteses e Próteses (Oh LAB) da A.M.R.. O questionário, suas respectivas repostas além da interpretação das mesmas podem ser vistas a seguir:

### **1 - Qual seu nome e sua idade?**

Marielza Ramos da Silva, 53 anos.

### **2 - Esse foi sua primeira medição com os métodos tradicionais do S.U.S.? Se não, qual?**

Não. Eu estou na terceira já.

### **3 - Na sua opinião, quais os pontos positivos e negativos da medição tradicional com fitas métricas, gesso, etc?**

Hoje eu fui muito bem atendida. Eu não vejo nada de errado, pra mim foi ótimo.

### **4 – Na sua opinião, quais os pontos positivos e negativos da medição utilizando o *scanner 3D*?**

Ótimo, nossa... maravilha, nó. Se existir isso aí é muito bom. Aí assim, resolve.

### **5 - Se você pudesse escolher apenas uma forma medição entre a tradicional e a com *scanner 3D*, qual seria?**

O lazer (risos) eu escolheria ele é lógico. É rápido né.

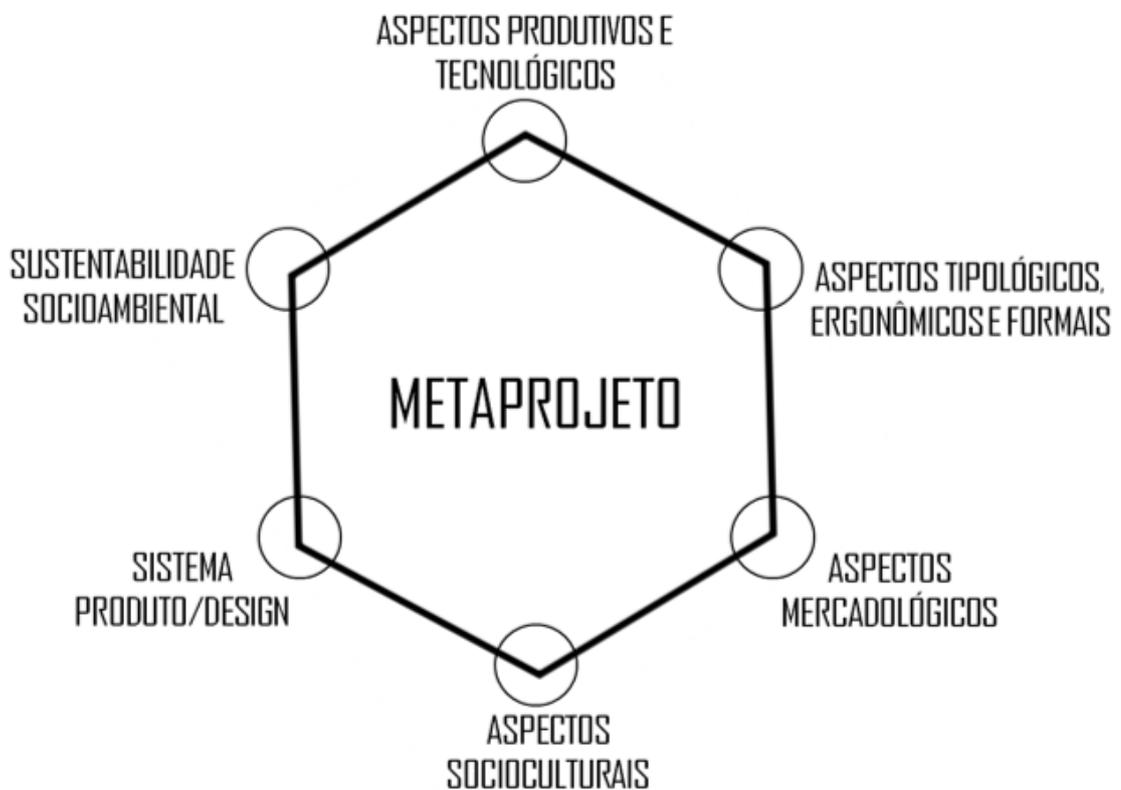
### **6 - Você tem alguma pergunta, comentário ou sugestão?**

Não, ta tranquilo.

As respostas da paciente após ter vivenciado os dois diferentes processos de medição demonstram que houve uma preferência pelo processo de digitalização 3D como pode ser observado na resposta da pergunta número 5. As reações ao descrever os sentimentos e impressões durante as respostas 3 e 4 caminham na mesma direção. Enquanto na resposta 3 que se refere ao processo padrão de medição do S.U.S. há apenas foco no bom atendimento e na resolução das necessidades básicas para a feitura da prótese, na pergunta 4 que se refere a digitalização 3D, a reação é mais efusiva e mostra expectativa em relação a implementação futura da técnica de medição por meio da digitalização 3D.

O projeto do produto, no caso, passa a ser ampliado para o conjunto das atividades, com constante intervenção e *feedback*. Pensando no produto como foco principal de um projeto, se incluem uma série de valores correlatos, como os aspectos produtivos e tecnológicos, os aspectos ergonômicos, os aspectos mercadológicos, os aspectos socioculturais, a sustentabilidade, dentre outros, como é apresentado na Figura 49.

Figura 49 - Metaprojeto e suas relações.



Fonte: De Moraes, 2010.

Uma das grandes vantagens de perceber a complexidade é a compreensão de que todas as redes e informações estão interligadas. Então, as ações individuais, somadas, vão além da capacidade das partes dos componentes, ou seja, se todos adquirissem alguma consciência do tamanho do intrincado das relações que regem nossa atualidade hoje, seria possível caminhar de maneira coletiva para um objetivo, seja ele qual for (CARDOSO, 2013).

O procedimento científico utilizado em diversas áreas é o de fracionar o problema para uma situação experimental e obter análises para então, propor conclusões e realizar discussões. Porém, tal método é de pouca valia para lidar com sistemas intercomunicados e complexos. A importância da área é a sua capacidade em construir e manter pontes com diversas áreas (CARDOSO, 2013).

# CAPÍTULO • 7

## • 7. CONCLUSÃO

- 7.1. Resultados e discussões
- 7.2. Considerações finais
- 7.3. Sugestões de trabalhos futuros



## 7. CONCLUSÃO

### 7.1. Resultados e discussões

Em alguns momentos durante a medição convencional do S.U.S. é perceptível tensão por parte dos pacientes, são eles:

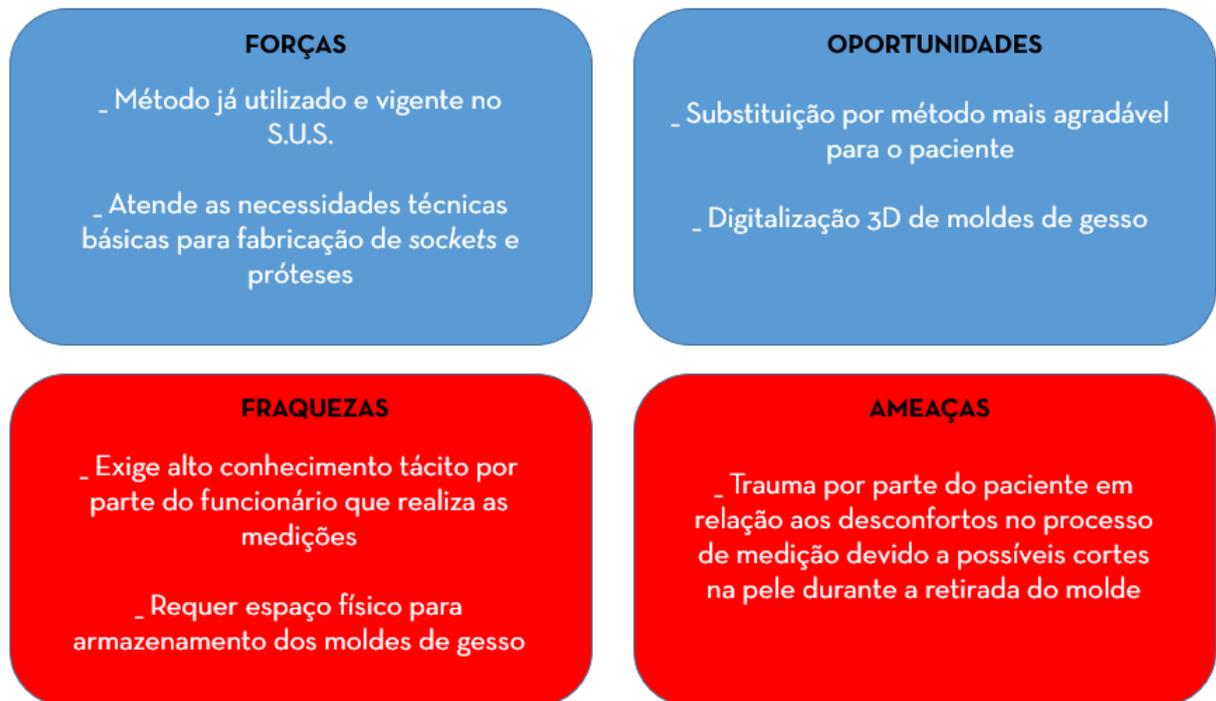
- O primeiro é quando o gesso é passado ao redor do coto já coberto pelo filme plástico, a tala gessada, ao ser umedecida, permanece em uma temperatura abaixo da do corpo humano, gerando sensação de desconforto térmico.
- O segundo é o momento do corte de parte do gesso moldado para sua respectiva retirada. A tensão se deve ao uso de um canivete para o corte. O objeto, apesar de usado seguindo uma guia de corte, pode escapar da mesma e machucar a pessoa que está sendo medida. Relatos de cortes no coto durante o processo de retirada do molde forma feitos por profissionais envolvidos nas medições.
- O contato das mãos do funcionário com o coto é frequente durante todo o processo. Objetos diversos auxiliares para medir também são usados. Vale salientar que há contato de objetos metálicos, como o paquímetro, que dependendo da climatização da sala tendem a estar em temperatura menor a do paciente, além de ter partes pontiagudas e levemente afiadas.
- A exposição do coto do paciente para contato visual por tempo prolongado, pois no cotidiano dos pacientes, é comum tentar esconder a amputação ou ao menos, o coto.

Durante a medição de uma paciente com a amputação de Chopart, chamou a atenção o fato de um dos funcionários que auxiliavam o processo ter o mesmo tipo de amputação, o que deixou a paciente tranquila, pois segundo ela, este funcionário entenderia melhor suas necessidades e saberia lhe auxiliar melhor confeccionando uma bota de melhor qualidade como produto final.

A receptividade dos pacientes em relação aos pesquisadores foi boa. Não ocorreu qualquer questionamento ou aparente desconfiança no que diz respeito a presença dos mesmos no local de medição.

O processo corrente de medição de cotos, por fim, pode ser avaliado como baseada em métodos artesanais, majoritariamente dependentes de conhecimentos tácitos por parte dos profissionais que realizam a medição. Uma análise S.W.O.T. da medição de cotos com a forma atual do S.U.S. é vista abaixo na figura 50.

Figura 50 - Análise S.W.O.T. da medição de cotos da forma atual no S.U.S..



Fonte: Do autor, 2018.

Sendo assim, uma investigação sobre a técnica de digitalização 3D foi realizada com intuito de melhor compreensão deste processo e uma possível sugestão de melhor método para medição de cotos quando comparado ao atual.

Os testes verificaram que há controle sobre as técnicas necessárias para que possa haver uma transição de boa qualidade do modelo físico para o modelo digital. Além disso, o tempo para obtenção da malha digital foi menor que o tempo das medições feitas em pacientes com os métodos vigentes em todos os testes com *scanners*, que não exigem contato direto com o coto. Uma análise SWOT da medição de cotos com *scanner 3D* é vista abaixo na figura 51.

Figura 51 – Análise S.W.O.T. da medição de cotos com scanner 3D.



Fonte: Do autor, 2018.

## 7.2. Considerações finais

O projeto de um produto, principalmente no universo da reabilitação, necessita de uma ampla compreensão do complexo cenário projetual, incluindo usuário, das pessoas que convivem frequentemente com ele, suas respectivas expectativas, percepções e sentimentos durante todo o processo.

A definição de design industrial passou por várias alterações no decorrer das últimas décadas, um dos parâmetros para a definição do perfil profissional é a definição feita pela *World Design Organization* (W.D.O.), antigamente chamado de *International Council of Societies of Industrial Design* (I.C.S.I.D.) Na última definição do W.D.O. para o termo design industrial que segue abaixo, nota-se a possibilidade de conexão do design com o processo de recuperação pelo qual os amputados precisam passar, em variados aspectos, que serão abordados mais adiante.

O design industrial é um processo estratégico de resolução de problemas que impulsiona a inovação, desenvolve o sucesso comercial e leva a uma melhor qualidade de vida através de produtos, sistemas, serviços e experiências inovadores. O design industrial supera a diferença entre o que é e o que é possível. É uma profissão

transdisciplinar que aproveita a criatividade para resolver problemas e co-criar soluções com a intenção de tornar um produto, sistema, serviço, experiência ou uma empresa melhor. No seu coração, o design industrial fornece uma maneira mais otimista de olhar para o futuro ao reformular os problemas como oportunidades. Ele liga inovação, tecnologia, pesquisa, negócios e clientes para fornecer novos valores e vantagem competitiva em todas as esferas econômicas, sociais e ambientais. (<http://wdo.org/about/definition>, tradução nossa, acesso em 05/07/2017) .<sup>18</sup>

É perceptível que a nova definição, quando comparada a definições anteriores mostra uma preocupação, antes quase inexistente, com qualidades de experiências e serviços. O usuário e sua jornada até chegar a um produto se tornaram mais importantes. Temos na sequência a primeira definição, ainda do antigo órgão, I.C.S.I.D., de 1959, definida em seu primeiro congresso.

Um designer industrial é aquele que é qualificado por treinamento, conhecimento técnico, experiência e sensibilidade visual para determinar os materiais, mecanismos, forma, cor, acabamentos de superfície e decoração de objetos que são reproduzidos em quantidade por processos industriais. O designer industrial pode, em momentos diferentes, se preocupar com todos ou apenas alguns desses aspectos de um objeto produzido industrialmente. O designer industrial também pode se preocupar com os problemas de embalagem, publicidade, exibição e marketing quando a resolução de tais problemas exige apreciação visual, além de conhecimento e experiência técnica. O designer para indústrias ou trades baseados em artesanato, onde os processos manuais são utilizados para a produção, é considerado um designer industrial quando as obras que são produzidas em seus desenhos ou modelos são de natureza comercial, são feitas em lotes ou de outra forma em quantidade, e não são obras pessoais do artista artesão. (<http://wdo.org/about/definition/industrial-design-definition-history>, tradução nossa, acesso em 05/07/2017).<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Industrial Design is a strategic problem-solving process that drives innovation, builds business success, and leads to a better quality of life through innovative products, systems, services, and experiences. Industrial Design bridges the gap between what is and what's possible. It is a trans-disciplinary profession that harnesses creativity to resolve problems and co-create solutions with the intent of making a product, system, service, experience or a business, better. At its heart, Industrial Design provides a more optimistic way of looking at the future by reframing problems as opportunities. It links innovation, technology, research, business, and customers to provide new value and competitive advantage across economic, social, and environmental spheres.

<sup>19</sup> An industrial designer is one who is qualified by training, technical knowledge, experience and visual sensibility to determine the materials, mechanisms, shape, colour, surface finishes and decoration of objects which are reproduced in quantity by industrial processes. The industrial designer may, at different times, be concerned with all or only some of these aspects of an industrially produced object. The industrial designer may also be concerned with the problems of packaging, advertising, exhibiting and marketing when the resolution of such problems requires visual appreciation in addition to technical knowledge and experience. The designer for craft based industries or trades, where hand processes are used for production, is deemed to be an Industrial designer when the works which are produced to his drawings or models are of a commercial nature, are made in batches or otherwise in quantity, and are not personal works of the artist craftsman.

De Moraes (2010) cita a importância da compreensão do cenário complexo em que vivemos na atualidade para alcançar êxito projetual:

A simples abordagem projetual objetiva e linear, então aplicada para a concepção dos produtos industriais no passado, não é mais suficiente para garantir o sucesso de uma empresa e, mesmo, para atender a expectativa do usuário atual. A complexidade hoje existente fez com que houvesse uma desarticulação entre as disciplinas e os instrumentos que orientavam o processo de concepção e desenvolvimento dos produtos durante a solidez moderna. (...) Por isso, o metaprojeto se apresenta como um modelo de intervenção possível, junto a esse cenário que se estabelece como sendo cada vez mais complexo e cheio de inter-relações (DE MORAIS, 2010, p. 13).

Quando um projeto tem um resultado final em forma de produto que é considerado bom, mas o processo para chegar até o mesmo é traumatizante ou frustrante para o seu futuro usuário, como é o caso das medições atuais de coto demonstradas na pesquisa, a possibilidade de não adaptação ou aceitação do produto, é maximizada, tornando o projeto mesmo que atraente ou funcional, um projeto ineficiente com possibilidade de abandono pelo paciente.

A revisão da literatura e de projetos recentes de próteses mostra que o processo de medição ficou para trás quando comparado a outros processos que envolvem a produção da prótese, usando artifícios como impressão 3D, implantes de próteses nos ossos, próteses lúdicas e adaptáveis, etc. Esperam-se então novos estudos e tentativas de abordagens inovadoras para a medição do coto, proporcionando uma medição adequada, mas também uma reflexão sobre o comportamento de pessoas sem deficiências aparentes em relação aos deficientes e estigmatizados, como demonstrado por um depoimento de um deficiente, colhido por Goffman (2014):

Tanto as mentes quanto os corpos saudáveis podem estar aleijados. O fato de que pessoas "normais" possam andar, ver e ouvir não significa que elas estejam realmente vendo ou ouvindo. Elas podem estar completamente cegas para as coisas que estragam sua felicidade, totalmente surdas aos apelos de bondade de outras pessoas; quando penso nelas não me sinto mais aleijado ou incapacitado do que elas. Talvez, num certo sentido, eu possa ser um meio de abrir os seus olhos para as belezas que estão à nossa volta: coisas como um aperto de mão afetuoso, uma voz que está ansiosa por conforto, uma brisa de primavera, certa música, uma saudação

amistosa. Essas pessoas são importantes para mim e eu gosto de sentir que posso ajudá-las. (GOFFMAN,2014, p.13).

A tecnologia já nos permite vislumbrar um futuro não distante onde as medições de cotos serão feitas pelo paciente em casa, usando aplicativos de celular, posteriormente enviados para a confecção de próteses onde o paciente também terá a possibilidade de participar da criação, principalmente nos aspectos estéticos, podendo por exemplo assumir um perfil mais próximo de uma cópia do membro original, quanto um objeto assumidamente diferente do membro perdido.

Notícias compartilhadas de inovações diversas envolvendo próteses, raramente abordam o processo de medição como destaque, mas por outro lado abordam com frequência o produto final, seja por diferenciação estética ou estritamente funcional, além disso, não acompanham a longa adaptação do paciente pós recebimento da prótese.

Uma transição gradual do método de medição convencional para o método de medição com *scanner 3D* no sistema de saúde brasileiro abriria diversas oportunidades, tanto de compartilhamento científico quanto projetuais, dentre elas podemos destacar as seguintes:

- Alterações no molde do coto sem perder o modelo original, processo que seria mais complicado para execução no molde físico;
- Compilação online de informações sobre cotos de pacientes entre profissionais de saúde;
- Possibilidade de aplicação de simulações por elementos finitos em *softwares* para testes de equipamentos como *sockets*<sup>20</sup> de próteses, além de testes com materiais;
- Auxiliar o estabelecimento de tamanhos padrões para modelos de próteses padronizadas que possam ser úteis em locais ou situações de difícil acessibilidade como países de terceiro mundo.

### 7.3. Sugestões de trabalhos futuros

---

<sup>20</sup> O socket da prótese é habitualmente usado em amputações de membros inferiores e fica entre o coto e a prótese auxiliando na redução de pressão e na fixação da prótese.

A complexidade do tema abordado na dissertação abriu um leque de novas possibilidades de pesquisa, as principais sugestões visualizadas no decorrer do projeto seguem abaixo:

- Compreensão de perfil de usuários de próteses no Brasil em diversos aspectos, entre eles: por gênero, idade, personalidade, diferença entre sistema de saúde público e particular, etc;
- Teste do nível de aceitação de próteses em que há uma cooperação no projeto por parte do paciente, comparada com o nível de aceitação de próteses onde não há tal auxílio no processo projetual;
- Estudo de custos envolvendo o processo de medição atual e o processo de medição usando *scanner 3D*;
- Estudo de preferências do usuário de prótese em relação a uma prótese que seja uma imitação do membro perdido ou uma prótese que assuma característica de acessório com características específicas;
- Mapeamento e compreensão do crescimento de vendas, interesse e popularidade de capas de próteses, aparentemente transitando de produto ortopédico e médico, para acessório de moda. Empresas em diferentes países produzem capas com perfis e materiais diferentes. Na figura 52 temos dois exemplos;

Figura 52 – Próteses transitando para o mundo da moda.



Fonte: [https://www.instagram.com/p/Bij\\_cjiA5Y5/?hl=pt-br&taken-by=alleles](https://www.instagram.com/p/Bij_cjiA5Y5/?hl=pt-br&taken-by=alleles), 2018.

- Estudo da influência da personalização de órteses infantis na aceitação desse dispositivo por parte das crianças no tratamento. Na figura 53 vemos uma criança usando órteses personalizadas por um tatuador. A órtese foi ilustrada com personagens escolhidos pela garota e a reportagem foi feita pelo site Hypeness.

Figura 53 – Criança usando órtese com intervenções.



Fonte: <http://www.hypeness.com.br/2015/07/tatuagem-faz-garota-se-sentir-melhor-com-sua-protese>, 2018.

REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atletas paraolímpicos querem competir com atletas das olimpíadas. <<https://abcnews.go.com/International/imprisoned-paralympian-oscar-pistorius-bruised-inmate-fight-phone/story?id=51737681>>. Acesso em: 15 maio 2017.

BARROSO, Eduardo Neto. **Estratégia de design para os países periféricos**. Brasília: CNPq/Coordenação Editorial, 1981.

BASALLA, George. **The Evolution of technology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.

BAUMAN, Zygmunt. **44 cartas do mundo líquido moderno**. Rio de Janeiro: Zahar, 2010.

CARDOSO, R. **Design para um mundo complexo**. São Paulo: Cosac Naify, 264p, 2013.

CHALLONER, Jack. **1001 invenções que mudaram o mundo**. Rio de Janeiro: Editora Sextante Ltda, 2010.

Cópias de moldes ortopédicos. Disponível em: <<https://www.artec3d.com/cases/digitalcopies-orthotic-device-molds>>. Acesso em: 20/06/2017.

DE MORAES, Dijon. **Metaprojeto: o design do design**. São Paulo, SP: Blücher. 2010. 228p.

DI NUBILA, H. B. V. Nota Técnica - **Uma introdução à CIF** – Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v. 35, n. 121, p. 122-123, 2010.

**DIRETRIZES DE ATENÇÃO À PESSOA AMPUTADA**. Ministério da Saúde. Brasília, MS, 2013. ISBN 978-85-334-1981-0. 2013.

Experimento com parceira LEGO e CIREC. Disponível em: <<https://vimeo.com/97877783>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

FLOREANO, Dario; MATTIUSI, Claudio. **Bio-inspired Artificial Intelligence**. London: MIT Press, 2008.

GANZ, D. **Tratado de Reabilitação Princípios e Prática**. 3. ed. São Paulo: Manole, 2002.

GUIDI, G; RUSSO, M; JEAN-ANGELO, B. **Acquisizione 3D e Modellazione Poligonale**. Ed. 1, Milano: Editora The MacGrawHill Companies srl, 2010.

GOFFMAN, Erving. **Estigma: Notas sobre a manipulação da identidade deteriorada**, Rio de Janeiro, Editora LTC, 2014.

KIRKUP, John R. **A history of limb amputation**. 1. ed. London: Springer Science & Business Media, 2007.

MAVROFOROU, A. et al. **The evolution of lower limb amputation through the ages**. International Angiology, v. 26, n. 4, p. 385, 2007.

MEIER III, Robert. **Amputee Rehabilitation**, An Issue of Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America, E-Book, Philadelphia, Volume 25, Ed. 1 de The Clinics: Internal Medicine. Editora Elsevier Health Sciences, Num. págs. 249. 2014.

POPOVIC D., e SINKJAER T. **Control of movement for the physically disabled**. Londres, Springer Verlag, 2000.

SACHS, M., BOJUNGA, J., ENCKE, A. **Historical evolution of limb amputation**. World journal of surgery. 1999

Tatuador fazendo intervenção em órtese de uma criança. <<http://www.hypeness.com.br/2015/07/tatuagem-faz-garota-se-sentir-melhor-com-sua-protese>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

VERGANTI, Roberto. **Design-driven innovation**. São Paulo: Editora Canal Certo. 2012.

VOLPATO, N. **Prototipagem Rápida: Tecnologias e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007.

W.D.O., site oficial. Disponível em: <<http://www.WDO.org>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

W.D.O., definição vigente de design industrial. Disponível em: <<http://wdo.org/about/definition>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

W.D.O., primeira definição de design industrial. Disponível em: <<http://wdo.org/about/definition/industrial-design-definition-history>>. Acesso em: 15 mai. 2017.

# A N E X O S

- **Anexo A**
  - Classificação estatística internacional de doenças e problemas relacionados a saúde (C.I.D.-10)
- **Anexo B**
  - Termo de anuência
- **Anexo C**
  - Autorização do laboratório
- **Anexo D**
  - Especificações do *scanner* 3D Artec M.H.T.
- **Anexo E**
  - Certificado do curso de digitalização 3D *scanner* Artec M.H.T.
- **Anexo F**
  - Especificações do *scanner* Vorum
- **Anexo G**
  - Certificado do curso de digitalização 3D *scanner* Vorum
- **Anexo H**
  - Especificações do *scanner* 3D Sense
- **Anexo I**
  - Autorização do paciente



## **ANEXO A – CLASSIFICAÇÃO ESTATÍSTICA INTERNACIONAL DE DOENÇAS E PROBLEMAS RELACIONADOS A SAÚDE (C.I.D.-10)**

- B92 Sequelas de hanseníase
- Q79.8 Outras malformações congênitas do sistema osteomuscular
- Q79.9 Malformação congênita não especificada do sistema osteomuscular
- S38.3 Amputação traumática de outras partes e de partes não especificadas do abdome, do dorso e da pelve
- S48 Amputação traumática do ombro e do braço
- S48.0 Amputação traumática da articulação do ombro
- S48.1 Amputação traumática de localização entre o ombro e o cotovelo
- S48.9 Amputação traumática do ombro e do braço, de localização não especificada
- S58 Amputação traumática do cotovelo e do antebraço
- S58.0 Amputação traumática ao nível do cotovelo
- S58.1 Amputação traumática do antebraço entre o cotovelo e o punho
- S58.9 Amputação traumática do antebraço, nível não especificado
- S68 Amputação traumática ao nível do punho e da mão
- S68.0 Amputação traumática do polegar (completa) (parcial)
- S68.1 Amputação traumática de um outro dedo apenas (completa) (parcial)
- S68.2 Amputação traumática de dois ou mais dedos somente (completa) (parcial)
- S68.3 Amputação traumática combinada de (partes de) dedo(s) associada a outras partes do punho e da mão
- S68.4 Amputação traumática da mão ao nível do punho
- S68.8 Amputação traumática de outras partes do punho e da mão
- S68.9 Amputação traumática do punho e da mão, nível não especificado
- S78 Amputação traumática do quadril e da coxa

- S78.0 Amputação traumática na articulação do quadril
- S78.1 Amputação traumática localizada entre o joelho e o quadril
- S78.9 Amputação traumática do quadril e coxa, nível não especificado
- S88 Amputação traumática da perna
- S88.0 Amputação traumática ao nível do joelho
- S88.1 Amputação traumática entre o joelho e o tornozelo
- S88.9 Amputação traumática da perna ao nível não especificado
- S98 Amputação traumática do tornozelo e do pé
- S98.0 Amputação traumática do pé ao nível do tornozelo
- S98.1 Amputação traumática de apenas um artelho
- S98.2 Amputação traumática de dois ou mais artelhos
- S98.3 Amputação traumática de outras partes do pé
- S98.4 Amputação traumática do pé ao nível não especificado
- T05.0 Amputação traumática de ambas as mãos
- T05.1 Amputação traumática de uma mão e de um outro braço
- T05.2 Amputação traumática de ambos os braços
- T05.3 Amputação traumática de ambos os pés
- T05.4 Amputação traumática de um pé e outra perna
- T05.5 Amputação traumática de ambas as pernas
- T05.6 Amputação traumática de membros superiores e inferiores, qualquer combinação
- T11.6 Amputação traumática do membro superior, nível não especificado
- T13.6 Amputação traumática de membro inferior, nível não especificado
- T14.7 Traumatismo por esmagamento e amputação traumática de regiões não especificadas do corpo

- T87 Complicações próprias de reimplante e amputação
- T87.3 Neuroma de coto da amputação
- T87.4 Infecção de coto da amputação
- T87.5 Necrose do coto da amputação
- T87.6 Outras complicações e as não especificadas do coto de amputação
- T92.6 Sequelas de esmagamento e amputação traumática do membro superior
- T93.6 Sequelas de esmagamento e amputação traumática do membro inferior
- Y83.5 Reação anormal em paciente ou complicação tardia, causadas por amputação de membro(s), sem menção de acidente durante a intervenção
- Z89 Ausência adquirida de membros
- Z89.0 Ausência adquirida de dedo(s) da mão unilateral
- Z89.1 Ausência adquirida de mão e punho
- Z89.2 Ausência adquirida de braço acima do punho
- Z89.3 Ausência adquirida de ambos membros superiores
- Z89.4 Ausência adquirida de pé e tornozelo
- Z89.5 Ausência adquirida da perna ao nível ou abaixo do joelho
- Z89.6 Ausência adquirida da perna acima do joelho
- Z89.7 Ausência adquirida de ambos membros inferiores
- Z89.8 Ausência adquirida dos membros superiores e inferiores
- Z89.9 Ausência adquirida de membro não especificado

## ANEXO B – TERMO DE ANUÊNCIA

UNIVERSIDADE  
DO ESTADO DE MINAS GERAIS



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade  
do Estado de Minas Gerais

### TERMO DE ANUÊNCIA

Ilma. Mariana Riberio Volpini Lana / Coordenadora do Laboratório de Órteses para humanos.

Solicitamos autorização para realização da pesquisa intitulada **“Design, digitalização 3D e membros amputados: busca de melhorias no processo de medição de cotos, com auxílio do design”** na Associação Mineira de Reabilitação, pelo aluno de pós-graduação Davi Neiva Alves, sob orientação da Profª. Drª Sebastiana Luiza Bragança Lana, com o seguinte objetivo: Realizar um estudo comparativo das medições de cotos, comparando os métodos habituais, com medições usando digitalização 3D, no intuito de sugerir auxílios que o design pode trazer para o processo e conseqüentemente, para o bem-estar do paciente, necessitando, portanto, ter acesso aos dados a serem colhidos de pacientes da Associação Mineira de Reabilitação (AMR) da instituição.

Solicitamos também, autorização para que o nome do laboratório possa constar no relatório final bem como em futuras publicações na forma de artigo científico. Salientamos que tais dados serão utilizados tão somente para realização deste estudo. A pesquisa não acarretará despesas para esta Instituição, sendo esta, por sua vez, voluntária. Na certeza de contarmos com a colaboração e empenho desta Coordenadora, agradecemos antecipadamente a colaboração, e nos colocamos à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Belo Horizonte, 13 de março de 2018.

Davi Neiva Alves

## ANEXO C – AUTORIZAÇÃO DO LABORATÓRIO



UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS  
Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade  
do Estado de Minas Gerais

### AUTORIZAÇÃO

Eu, Davi Neiva Alves declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Res. CNS466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo de pesquisa intitulado Design, digitalização 3D e membros amputados: busca de melhorias no processo de medição de cotos, com auxílio de métodos do design.

Davi Neiva Alves

Eu, Mariana Riberio Volpini Lana, Coordenadora do Laboratório de Órteses para humanos, declaro conhecer e cumprir as Resoluções Éticas Brasileiras, em especial a Resolução CNS 466/12. Este laboratório está ciente de suas corresponsabilidades como instituição coparticipante do presente projeto de pesquisa, e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

Associação Mineira de Reabilitação

*Mariana Riberio Volpini Lana*

Mariana Riberio Volpini

Fisioterapeuta

CREFITO - 4 68278

Mariana Riberio Volpini Lana

15 de Março de 2018.

## ANEXO D - ESPECIFICAÇÕES DO SCANNER 3D ARTEC M.H.T.



### Artec™ MH and MHT 3D Scanners

Easy. Quick. Accurate.

#### Entire shape acquisition

The Artec™ MH/MHT 3D Scanner is a 3D video camera that captures video, each single frame of which is a three-dimensional image. The scanning process becomes extremely straightforward; simply walk around the object continuously capturing it with the camera from various angles, while the accompanying software automatically combines all the scanned frames into a single mesh.

#### No markers required

There is no need to place countless markers all over the object to scan it. The software uses unique geometry of the object itself to properly align the captured 3D frames and to fuse them together.

#### High speed and accuracy

Thanks to an outstanding measuring speed of up to 500,000 points per second, the Artec™ MH/MHT 3D Scanner performs measurement acquisition a dozen times faster than laser scanners, while providing high resolution (up to 0.5 mm) and high accuracy (up to 0.1 mm).

#### Scanning of moving objects

Since the Artec™ MH/MHT 3D Scanner is in fact a 3D camera, it can be used to scan dynamic object as well as stationary ones. This can be especially useful in medical applications and movie production where it is vital to capture a human body shape live.

#### Portability

The Artec™ MH/MHT 3D Scanner can be used as a hand held device, allowing the user to scan outside or those items that should not be transported.

#### Luminous Color

The Artec™ MHT camera also captures a brilliant spectrum of colors (up to 24bpp). Capturing both color information of the object's shape and its geometry results in fine textured models. The models can then be opened and post-processed by a number of 3D software packages.

#### New Opportunities

The number of uses for the Artec™ MH/MHT 3D Scanner is only limited by your imagination: architecture, medicine, prototyping, sport, education, manufacturing, movie-making, animation and computer graphics, fashion – is just a short list of applications in which our scanner will become your indispensable business partner!

# Artec™ MH and MHT 3D Scanners

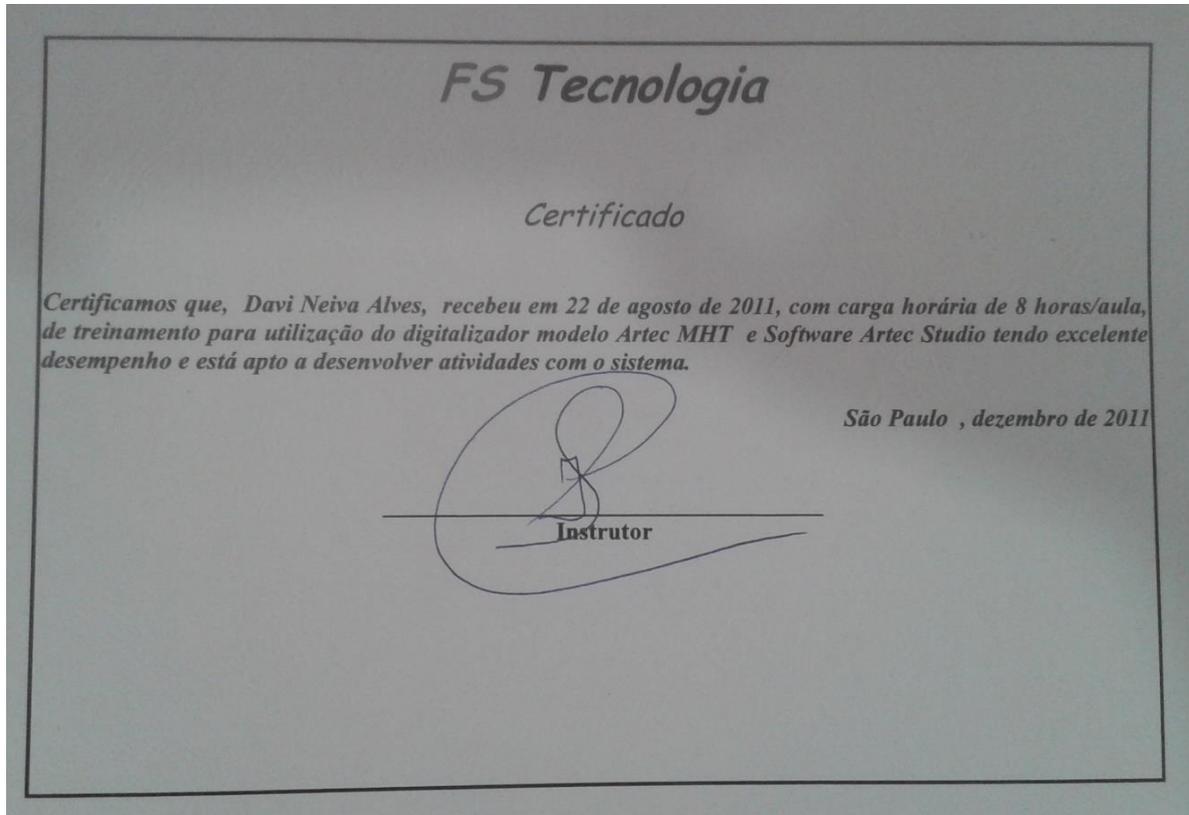
Scanning to new dimensions!

The Artec™ MH and MHT 3D Scanners come with:

- Artec Scanning Software
- Power supply
- Carrying bag

Specifications	MH	MHT
Ability to capture texture	No	Yes
3D resolution, up to	0.5 mm	
3D point accuracy, up to	0.1 mm	
3D accuracy over distance, up to	0.15% over 100 cm	
Texture resolution	n/a	1.3 mp
Colors	n/a	24 bpp
Light source	flash bulb (no laser)	
Linear field of view, HxW @ closest range	214 mm x 148 mm	
Linear field of view, HxW @ furthest range	536 mm x 371 mm	
Angular field of view, HxW	30x21°	
Working distance	0.4 – 1 m	
Video frame rate, up to	15 fps	
Exposure time	0.0001 s	
Data acquisition speed, up to	500,000 points/s	
Calibration	< 1 min no special equipment required	
Output formats	OBJ, STL, PLY, WRML, ASCII	
Processing capacity	40'000'000 triangles/1GB RAM	
Multi core processing	Yes	
Dimensions, HxDxW	180x187x260 mm	
Weight	1.4 kg	1.6 kg
Power consumption	12V, 36W	
Interface	1x USB2.0	2x USB2.0
Compatibility	Windows XP, Windows Vista, Windows 7 - 32 bit, 64 bit	
Minimum computer requirements	Intel® Core™ 2 duo, 2Gb RAM, NVIDIA GeForce 9000	

**ANEXO E – CERTIFICADO DO CURSO DE DIGITALIZAÇÃO 3D SCANNER ARTEC M.H.T.**



## ANEXO F – ESPECIFICAÇÕES DO SCANNER VORUM



[PRODUCTS](#) · [SERVICES](#) · [CUSTOMER SUCCESS](#) · [ABOUT US](#)

The result of over 25 years of clinician feedback.

- ✓ **Accurate:** With 0.1 mm resolution, you can capture every bump and contour for better fitting custom devices.

---

- ✓ **Fast:** Obtain design-ready scans for all types of prosthetic and orthotic devices in less than five minutes.

---

- ✓ **Safe and reliable:** Uses a safe, high quality blue light projector and single camera to capture the 3D image.

---

- ✓ **A permanent record:** The detailed 3D patient shape can be electronically stored indefinitely and referred to for reimbursement justification and device replacement or repair.

---

- ✓ **Unaffected by nearby metal objects:** Scan your patient in a bed or wheelchair.

---

- ✓ **Real-time feedback:** the 3D shape emerges on screen as you scan.

*"Optical scans are more accurate than plaster. We now make orthotics and prosthetics that fit better."*

- Martin Kaufmann, OrthoPets



**ANEXO G – CERTIFICADO DO CURSO DE DIGITALIZAÇÃO 3D SCANNER  
VORUM**



**CERTIFICATE OF ACCOMPLISHMENT**

*This is to certify that*

**Davi Neiva Alves**

*has successfully completed*

**Spectra™ and Canfit™ Level I**

The candidate is certified to use Spectra™ and Canfit™ to scan and modify basic orthotic and prosthetic shapes.

**Training Conducted by Taryn McCrady**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Taryn McCrady", written over a horizontal line.

*Instructor signature*

**13 October 2017**

*Date*

## ANEXO H – ESPECIFICAÇÕES DO SCANNER 3D SENSE

Specification	Value
Supported operating systems	Windows 7® (32-bit or 64-bit) Windows 8® (32-bit or 64-bit)
Maximum power consumption	2.25 watts
Scan volume	Min: 0.2m x 0.2m x 0.2m Max: 3m x 3m x 3m
Dimensions	17.8cm x 12.9cm x 3.3cm
Operating range	Min: 0.35m Max: 3m
Field of view	Horizontal: 45° Vertical: 57.5° Diagonal: 69°
Hardware recommendations	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intel Pentium or equivalent processor</li> <li>• RAM</li> <li>• Screen resolution</li> <li>• Color</li> <li>• Available hard disk space</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 GHz or faster</li> <li>• 2 GB minimum</li> <li>• 1280 x 1024 minimum</li> <li>• 32-bit</li> <li>• 4 GB</li> </ul>
Depth image size	240(w) x 320(h) px
Spatial x/y resolution @ 0.5m	0.9mm
Depth resolution @ 0.5m	1mm
Operating temperature	10°C - 40°C
Data interface	USB 2.0
Data format	16-bit
USB cable length	213cm
Maximal image throughput	30 fps
Color image size	240(w) x 320(h) px

## ANEXO I – AUTORIZAÇÃO DO PACIENTE

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Prezado participante, obrigada pelo interesse e disponibilidade em participar deste estudo. O nosso objetivo é verificar qual a forma de medição de coto mais confortável para o paciente, a maneira utilizando scanner 3D, ou a forma tradicional com uso de gesso, fitas métricas, entre outros instrumentos. Este estudo será desenvolvido pelo Programa de Pós-Graduação da Escola de Design, da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG).

Para realizar essa pesquisa nós precisamos que você dê o seu consentimento, permitindo a participação no estudo. Após a obtenção do seu consentimento. O teste consiste em responder um questionário com 5 perguntas, que visa compreender melhor o processo de medição de coto e o sentimento do paciente com relação a sua prótese. Você deverá comparecer um dia e o período necessário para respostas é de aproximadamente 5 minutos. Além disso, será feito uma medição de coto usando scanner 3D com duração média de 5 minutos. Caso você se sinta incomodado com a postura adotada ou com a aplicação do teste pelos avaliadores, e se recuse a participar, será respeitada essa vontade, sem nenhum constrangimento ou ônus para você. Ressaltamos que a participação nesta pesquisa é inteiramente voluntária e você não receberá nenhum pagamento ou compensação financeira para participar. Além disso, você não terá nenhum tipo de despesa com este estudo.

A participação neste estudo nos ajudará a sugerir uma maneira considerada menos invasiva e mais cômoda para pacientes amputados que poderá ser usada tanto na prática clínica. É importante ressaltar que você é livre para consentir na participação ou no abandono do estudo a qualquer momento. Você poderá obter qualquer informação deste estudo com os pesquisadores e com o Comitê de Ética em pesquisa da UEMG, caso se refira às questões éticas. Os telefones estão listados abaixo.

Estaremos à disposição para responder perguntas ou prestar esclarecimentos sobre o andamento do trabalho. Caso você concorde em participar do estudo, por favor, assine no espaço indicado abaixo. Agradecemos a colaboração. Atenciosamente,

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sebastiana Luíza B. Lana  
(Orientadora)

  
\_\_\_\_\_  
Davi Neiva Alves  
(Mestrando)

### Consentimento

Eu Maria Elza Romas da Silva, declaro que li e entendi todas as informações sobre o estudo, sendo os objetivos e procedimentos explicados claramente. Tive tempo suficiente para pensar e escolher participar do estudo e tive oportunidade de tirar todas as minhas dúvidas. Estou assinando este termo voluntariamente e tenho direito de, agora ou mais tarde, discutir qualquer dúvida em relação ao projeto.

Maria Elza Romas da Silva  
Assinatura do participante

Belo Horizonte, 15 de Março de 2018.

### Pesquisadores Responsáveis:

Prof. Dr. Sebastiana Luíza B. Lana – Professora do Mestrado e Doutorado em Design Inovação e Sustentabilidade da UEMG. E-mail: sebastiana.lana@gmail.com. 31-8433-1006

Davi Neiva Alves – Aluno de Mestrado em Design Inovação e Sustentabilidade da UEMG. E-mail: dneivaalves@gmail.com. 32-99100-1799