

**CENTRO UNIVERSITÁRIO TERESA D'ÁVILA
MESTRADO PROFISSIONAL EM DESIGN, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

PAULO ROBERTO BOLDARINI REGINI

**DESENVOLVIMENTO DE ÓRTESE DE TORNOZELO COM CUSTO INFERIOR AO
PAGO PELO SUS**

**LORENA
2023**

PAULO ROBERTO BOLDARINI REGINI

**DESENVOLVIMENTO DE ÓRTESE DE TORNOZELO COM CUSTO INFERIOR AO
PAGO PELO SUS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós -
graduação – Stricto Sensu - Mestrado Profissional em
Design, Tecnologia e Inovação. Centro Universitário
Teresa D'Ávila, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Design, Tecnologia e
Inovação. Área de concentração – Design, Tecnologia
e Inovação.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Nelson Tavares Matias

**LORENA
2023**

PAULO ROBERTO BOLDARINI REGINI

DESENVOLVIMENTO DE ÓRTESE DE TORNOZELO COM CUSTO INFERIOR AO PAGO PELO SUS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação - Stricto Sensu - Mestrado Profissional em Design, Tecnologia e Inovação. Centro Universitário Teresa D'Ávila, como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Mestre em Design, Tecnologia e Inovação.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Tavares Matias

Data: ___/___/_____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nelson Tavares Matias
Centro Universitário Teresa D'Ávila / UNIFATEA

Prof. Dr. Fernando José da Silva
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG

Prof. Dr. Rosinei Batista Ribeiro
Centro Universitário Teresa D'Ávila / UNIFATEA

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Nelson Tavares Matias por me acompanhar e me apoiar nessa jornada de aprendizagem e crescimento.

Aos meus professores e examinadores Prof. Dr. Fernando José da Silva e Prof. Dr. Rosinei Batista Ribeiro por também me auxiliarem ao longo desse projeto.

Agradeço minha esposa Vanessa Boldarini Godoy Regini por me incentivar, apoiar, me inspirar força e ânimo para o avanço dessa etapa de vida.

Agradeço também todos os demais professores, mestres e doutores desse curso e também aos meus colegas de todas as classes que estive presente e que me propiciaram conhecimentos e experiências para que eu pudesse formar a base necessária para chegar até aqui.

Resumo

Considerando que no Brasil aproximadamente 13,2 milhões de pessoas são deficientes motoras e possivelmente necessitam de algum tipo de tecnologia assistiva, este trabalho propôs a criação de um protótipo de órtese com o intuito de redução de custos e maior acessibilidade para usuários do SUS, utilizando o mesmo custo já despendido atualmente e atendendo um número superior de usuários. O objetivo da presente dissertação foi desenvolver uma órtese para tornozelo de adulto (homem ou mulher), com o custo inferior ao praticado pelo SUS atualmente. O método utilizado foi o indutivo de caráter projetual e experimental em que houve a observação e coleta de informações, a análise do problema, geração de alternativas, avaliação das alternativas e realização da solução do problema com a produção do protótipo da órtese de tornozelo, testagem experimental no paciente e posterior aplicação do questionário. O protótipo da órtese foi confeccionado com resina poliéster e bambu, os testes de conforto e eficácia foram bem sucedidos. Foi possível a produção de um protótipo de órtese com a utilização de materiais com o custo inferior ao pago pelo SUS atualmente.

Palavras chave: Aparelhos Ortopédicos. Materiais. Análise de Falha de Prótese.

Abstract

Considering that in Brazil approximately 13.2 million people are physically disabled and possibly have some type of assistive technology, this work proposes the creation of an orthosis prototype with the aim of reducing costs and greater accessibility for SUS users, using the same cost currently spent and serving a higher number of users. The objective of the present dissertation was to develop an orthosis for an adult ankle (man or woman), with a lower cost than that currently practiced by the SUS. The method used was inductive, with a design and experimental character, in which there was observation and information collection, problem analysis, generation of alternatives, evaluation of alternatives and realization of the problem solution with the production of the prototype of the ankle orthosis, testing experimental in the patient and subsequent application of the questionnaire. The orthosis prototype was made with polyester resin and bamboo, the comfort and effectiveness tests were successful. It was possible to produce a prototype of an orthosis using materials at a lower cost than what is currently paid by the SUS.

Keywords: Orthopedic Appliances. Materials. Prosthesis Failure Analysis.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Estrutura óssea do tornozelo humano	18
Figura 2 - Estrutura dos músculos e tendões do tornozelo humano.....	19
Figura 3 - Movimentos do pé humano.....	20
Figura 4 - Método para medir a circunferência da panturrilha.....	23
Figura 5 - Método para medir a circunferência do tornozelo.....	24
Figura 6 - Subsistemas da órtese suropodálica robofoot.....	31
Figura 7 - Método Projetual de Löbach.....	42
Figura 8 - Conhecendo a APAE Bauru	47
Figura 9 - Processo de Fabricação do molde em atadura gessada	48
Figura 10 - Placa de Polipropileno já fixada por cima do molde de gesso	49
Figura 11 - Customização da órtese com estampa	49
Figura 12 - Órteses fabricadas na oficina	50
Figura 13 - Resina de Laminação para órteses	51
Figura 14 - Resina Acrílica à base d'água biodegradável	52
Figura 15 - Materiais teste Resina Acrílica à base d'água	53
Figura 16 - Mistura dos materiais teste Resina Acrílica à base d'água	54
Figura 17 - Laminação teste Resina Acrílica à base d'água	55
Figura 18 - Teste Resina Acrílica à base d'água retirado do molde	55
Figura 19 - Teste de Resistência Resina Acrílica à base d'água	56
Figura 20 - Desenho do protótipo e seus subsistemas	59
Figura 21 - Desenho da vista lateral do protótipo.....	60
Figura 22 - Desenho das vistas frontal, traseira, superior e inferior do protótipo.	61
Figuras 23, 24 e 25 - Construção do protótipo.....	63
Figuras 26, 27, 28 e 29 - Construção do protótipo.....	64
Figuras 30, 31, 32 e 33 - Construção do protótipo.....	65
Figuras 34, 35, 36 e 37 - Construção do protótipo.....	66
Figuras 38, 39, 40 e 41 - Construção do protótipo.....	67
Figuras 42, 43 e 44 - Construção do protótipo.....	68
Figuras 45, 46, 47 e 48 - Construção do protótipo.....	69
Figuras 49, 50 e 51 - Construção do protótipo.....	70
Figuras 52, 53 e 54 - Construção do protótipo.....	71
Figuras 55, 56, 57 e 58 - Construção do protótipo.....	72
Figuras 59, 60, 61 e 62 - Construção do protótipo.....	73
Figuras 63, 64 e 65 - Construção do protótipo.....	74
Figuras 66, 67 e 68 - Construção do protótipo.....	75
Figuras 69, 70, 71 e 72 - Construção do protótipo.....	76
Figuras 73, 74 e 75 - Construção do protótipo.....	77
Figuras 76, 77 e 78 - Construção do protótipo.....	78
Figuras 79, 80, 81 e 82 - Construção do protótipo.....	79
Figura 83 - Construção do protótipo.....	80
Figuras 84, 85 e 86 - Construção do protótipo.....	81
Figuras 87 e 88 - Construção do protótipo.....	82
Figuras 89, 90 e 91 - Construção do protótipo.....	83
Figuras 92, 93, 94 e 95 - Construção do protótipo.....	84

Figuras 96, 97, 98 e 99 - Construção do protótipo.....	85
Figura 100 - Construção do protótipo.....	86
Figuras 101, 102, 103 e 104 - Protótipo finalizado.....	87
Figura 105 - Pesagem do protótipo.....	88
Figura 106 - Descrição técnica órtese suropodálica robofoot Kendal.....	89
Figura 107 – Comparativo entre ilustração e protótipo final.....	89
Figura 108 - Entrada do Centro de Ortopedia Técnica de Bauru – COTEC	90
Figura 109 - Descrição COTEC	90
Figura 110 - Colocando a órtese	91
Figura 111 - Testando a órtese	92
Figura 112 - Questionário	96

Sumário

1	Introdução.....	10
1.1	Justificativa.....	11
1.2	Objetivos.....	12
1.2.1	Objetivo Geral.....	12
1.2.2	Objetivos Específicos.....	12
2	Revisão de Literatura.....	14
2.1	Resultados encontrados na literatura.....	15
3	Fundamentação teórica	18
3.1	Anatomia Humana.....	18
3.2	Ergonomia, Antropometria e Biomecânica.....	22
3.2.1	Ergonomia do calçado.....	26
3.2.1.1	Dimensões do pé humano masculino e feminino.....	28
3.3	Tipos de órteses, aplicações e recomendações para órteses dos membros inferiores.....	29
3.4	Órteses de membros inferiores.....	30
3.4.1	Modelos de Órtese Suropodálica (Tornozelo e Pé).....	31
3.4.2	Subsistemas Órtese Suropodálica Robofoot	32
3.5	Materiais aplicados as órteses atuais.....	33
3.6	O custeio de órteses pelo SUS.....	35
3.7	Utilização de material biodegradável na produção do protótipo.....	36
3.8	Possibilidade de Materiais a serem utilizados.....	37
3.8.1	Bambu.....	37
3.8.2	Resina Poliéster.....	40
4	Materiais e Métodos.....	42
4.1	Análise dos dados.....	45
4.2	Avaliação dos riscos e benefícios.....	46
4.2.1	Riscos.....	46
4.2.2	Benefícios.....	46
5	Desenvolvimento	47
5.1	Análise do Problema.....	47
5.2	Geração de Alternativas.....	47
5.2.1	Conhecendo uma oficina do SUS.....	47
5.3	Avaliação das Alternativas.....	52
5.3.1	Resina de Laminação para órteses.....	52
5.3.2	Resina Acrílica à base d'água e Fibra de coco.....	53
6	Fabricação do Protótipo – Resina Poliéster e Bambu.....	59
6.1	Desenho em 5 vistas principais do protótipo.....	59
6.2	Fabricação da Órtese Suropodálica Robofoot.....	63
7	Teste do Protótipo no Paciente.....	91

7.1	Análise das respostas do questionário.....	97
8	Custo da produção do protótipo.....	101
9	Conclusão.....	104
	Referências.....	105
	Apêndice A.....	114
	Apêndice B.....	116

1 – INTRODUÇÃO

Com o intuito de garantir o direito de todos os cidadãos, a Constituição de 1988 traz em seu texto que a saúde é “[...] um direito de todos e dever do Estado”. Para implementar este direito, foram criadas políticas públicas e leis que regem as ações neste sentido, para oferecer ao cidadão um serviço de saúde de qualidade e acessível, que se concretiza através do Serviço Único de Saúde (SUS) (BRASIL, 2013). As políticas públicas trazem articulação, comunicação, integração e unificação entre os serviços, para garantir ações de promoção à saúde, prevenção dos agravos de doenças, tratamento e serviços de reabilitação em todo o país (BRASIL, 2013).

Os serviços de reabilitação recebem um investimento para garantir acessibilidade e inclusão social, e portanto o SUS produz e oferece gratuitamente órteses, bengalas, muletas, coletes, palmilhas, calçados ortopédicos, cadeiras de rodas adaptadas, andadores, aparelhos que corrigem alterações auditivas e diversos dispositivos para pessoas com deficiências físicas e outras deficiências. O objetivo é dar mais autonomia, facilitar o acesso, melhorar a qualidade de vida da parcela da população que não têm condições para adquirir equipamentos com recursos próprios, concretizando o direito garantido na Constituição Federal (BRASIL, 2020).

No Brasil, Tecnologia Assistiva (TA) é caracterizada como uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, abrangendo recursos, produtos, metodologias, estratégias, autonomia, materiais, práticas e serviços com o objetivo de promover a funcionalidade e independência de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, visando à qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2009).

Dentre os recursos de TA, a órtese é largamente utilizada nos serviços de reabilitação física para recuperação de função das partes do corpo. Os objetivos do uso das órteses dentro do tratamento de reabilitação podem ser: corrigir deformidades, estabilizar/imobilizar, prevenir agravos, mobilizar, proteger estruturas e articulações, e restaurar função (LINDEMAYER, 2004; AGNELLI; TOYODA, 2003).

O trabalho de confecção de órteses requer um olhar para o ser humano funcional e os fatores biopsicossociais envolvidos, independente do tipo de órtese

confeccionada. Ainda, deve-se considerar que as órteses variam de acordo com as características físicas e clínicas de cada indivíduo (AGNELLI; TOYODA, 2003; GRADIM, 2018).

As órteses, próteses e meios auxiliares de Locomoção são produzidas pelo SUS em 45 oficinas ortopédicas distribuídas por todo o Brasil. A produção auxilia nas diversas modalidades de reabilitação: auditiva, visual, física e ostomias (processo cirúrgico que envolve o aparelho digestivo ou urinário). Nas oficinas, os aparelhos são pensados de forma humanizada e pessoal, de acordo com as necessidades e características de cada pessoa. Os profissionais realizam diversas provas nos pacientes até encontrarem as medidas e adaptações desejadas para as necessidades de cada um, atendendo o grau de capacidade funcional e suas principais características (BRASIL, 2020).

1.1 Justificativa

Dentro de uma equipe multidisciplinar de reabilitação, está inserido o profissional da área do Design que projeta e confecciona as tecnologias assistivas para atender a necessidade do indivíduo. Esta dissertação se mostra relevante por apresentar e testar possíveis materiais de menor custo e métodos de produção o que poderá promover maior acessibilidade às órteses.

O projeto resultando desta Dissertação se justifica no sentido de contribuir com um projeto para uma órtese de tornozelo de menor custo, permitindo que o SUS economize recursos para fornecimento de órteses, o que impacta diretamente nos cofres públicos do País.

De acordo com o Ministério da Saúde, apenas no primeiro semestre do ano de 2020 foi investido pelo Governo mais de R\$ 154,9 milhões na fabricação de 3.298.667 órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção, incluindo as cadeiras de rodas (BRASIL, 2020).

Além deste investimento, em 2020 também foram liberados pela FINEP¹ R\$ 55 milhões e 35 projetos relacionados à tecnologia assistiva. Segundo a entidade, os projetos podem ser executados em até três anos. Tal investimento visa inovações em equipamentos assistivos devido à necessidade de fornecimento de diferentes tecnologias assistivas pelo SUS.

Neste sentido, é importante perceber que quanto menor o custo da fabricação das órteses e próteses, maior o número de indivíduos com acesso à sua utilização, possibilitando seu deslocamento com autonomia e dignidade.

Assim, a pesquisa para utilização de materiais com menor custo pode diminuir o gasto público, favorecendo o fornecimento dos equipamentos de auxílio biomecânico para uma maior quantidade de usuários. Desde 2008, o preço que o SUS paga pela órtese de tornozelo que corresponde ao código n. 0701020229 (Órtese suropodálica s/articulação em polipropileno (adulto)) da tabela de materiais do SUS é R\$180,60 (cento e oitenta reais e sessenta centavos) (BRASIL 2008).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta Dissertação foi produzir uma órtese para tornozelo de adulto (homem ou mulher), visando a redução de custo do produto se comparado aos preços atualmente pagos pelo SUS.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- identificar os materiais empregados nas órteses para tornozelo fornecidas pelo SUS;
- conhecer outros materiais que possam ser utilizados na produção de próteses de tornozelo;

¹ ligada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações que financia pesquisa e inovação no país

- familiarizar com o processo de adaptação de órteses de tornozelo em pacientes, para possível produção de um protótipo;
- identificar custos relacionados à matéria-prima e processos de fabricação de órteses para tornozelos.

Assim, a pergunta inicial para a pesquisa desta Dissertação é: Como produzir uma órtese de tornozelo para um adulto com custo abaixo do atualmente pago pelo SUS?

A hipótese é que materiais de menor custo e métodos de produção mais baratos poderão favorecer o acesso as próteses para tornozelo destinadas a adultos fornecidas pelo SUS. A pesquisa não tratou de desenvolvimento de compósitos, o foco foi utilizar materiais já disponíveis no mercado.

2 – REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura será realizada de acordo com a questão norteadora: Como produzir uma órtese de tornozelo com custo abaixo da média paga pelo SUS?

Inicialmente, por se tratar de uma Tecnologia Social, será realizado um levantamento da literatura aberta, periódicos, livros, dissertações, teses, com publicações gratuitas na internet, nas plataformas nos periódicos, base Capes, Scielo, Repositórios, Bibliotecas digitais, entre outros. Será determinado limite de 5 anos de publicação, com término da pesquisa em fevereiro de 2023.

Para a busca dos estudos serão utilizados os seguintes descritores indexados no Medical Subject Heading (MeSH) e no Descritores em Ciências da Saúde (DecS): Aparelhos Ortopédicos, Manufaturas e Materiais Adaptativos; e no idioma em inglês Orthotic Devices, Manufactured Materials e Smart Materials, combinados entre si com a utilização do operador booleano (AND).

Os critérios de inclusão e exclusão da literatura serão: artigos completos que abordem materiais e produção de órteses, publicados na Língua Portuguesa e Inglesa, nos últimos 5 (cinco) anos. Serão considerados todos os tipos de estudos.

Após as buscas nas bases de dados e a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, serão excluídos os artigos em duplicidade. Em seguida, será aplicado como método de seleção preliminar a leitura do resumo e das palavras-chave. Caso a publicação atenda aos critérios, seguirá para a última etapa de seleção.

Na última etapa de seleção, os artigos serão lidos na íntegra e será realizada a avaliação de cada um, com o intuito de verificar se atendem aos critérios de elegibilidade e se responderem à pergunta que norteia esta revisão.

Após a leitura do texto na íntegra, as informações extraídas serão descritas em ficha padronizada, contendo: (I) características do estudo (autores, ano de publicação, periódico de publicação, idioma de publicação); (II) material utilizado para pesquisa/produção da órtese; (III) se o material pesquisado/utilizado atendeu ao proposto no estudo.

2.1 – Resultados encontrados na literatura

Após busca nas bases de dados no período dos últimos 5 anos, e aplicando os critérios de inclusão e exclusão, foi possível localizar os seguintes estudos conforme descrito no Quadro 1:

Quadro 1 – Estudos sobre órteses e materiais utilizados em sua fabricação

Autores	Ano	Periódico	Idioma	Material	Objetivo
Maria Carolina Ramos Ferreira, Kerlen Walessa Eduardo Brasil, José Lucas Avelino Costa, Gleise Rayane Magalhães da Silva, Rinna Rocha Lopes e Denise Moreira Lima Lobo	2022	CONEXÃO UNIFAMETRO	Português	GARRAFA PET, COLA QUENTE, MATERIAL EVA, VELCRO E PAPELÃO	conclui-se que a confecção da órtese foi uma experiência positiva para os acadêmicos e que os fizeram refletir sobre a relevância da construção de dispositivos com materiais de baixo custo, pois isso poderá beneficiar pacientes que não disponham de condições financeiras necessárias para adquirir uma órtese. Contudo serão necessários testes sobre a resistência e usabilidade.
Sandra Yoshie Uruga Morimoto, Ana Karina Pessoa da Silva Cabral, Danielle Carneiro de Menezes Sanguinetti, Elvis da Silva Rodrigues de Freitas, Giselle Schimidt Alves Diaz Merino, José Ângelo Peixoto da Costa, Weldma Karlla Coelho, Daniela Salgado Amaral.	2021	Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional	Português e Inglês	MANUFATURA ADITIVA	Apesar dos estudos analisados tangenciarem fases iniciais de desenvolvimento e investigação da aplicabilidade da impressão 3D na criação de órteses e próteses, observou-se que já existem melhorias do custo-benefício gerado pelo uso desta tecnologia, bem como a possibilidade de gerar produtos mais versáteis. Apontando-se como um campo promissor para ampliar a aplicação da impressão 3D como recurso facilitador do processo de reabilitação.
Paloma Hohmann Poier	2020	Repositório UTFPR	Português	MANUFATURA ADITIVA	o modelo e seus instrumentos foram avaliados por 17 especialistas com relação a sua adequação. Houve aprovação superior a 80% em todos os aspectos avaliados. As sugestões de melhorias foram analisadas para a composição final do modelo.
Cecília Maria Bezerra Freire Campos, Raweny Thayna Gomes dos Santos, Norrara Scarlytt	2019	Cad. Bras. Ter. Ocup.	Português e Inglês	EVA	A rápida intervenção, realizada por profissional habilitado, utilizando-se órteses confeccionadas com EVA, mostrou-se eficaz para o

de Oliveira Holanda, Pedro Henrique Silva de Farias, Silvana Alves Pereira					tratamento conservador do PTC em recém-nascidos.
César Nunes Giracca, Eugenio Merino	2019	Plural Design	Português	FIBRA DE CARBONO DE BAIXO CUSTO	Conclui-se que é possível desenvolver uma órtese em Fibra de Carbono, com baixo custo comparado as comerciais de mesmo material empregado, demonstrando uma razão de aproximadamente ¼ de seu custo comercial, seguindo as orientações definidas neste artigo
Ana Lya Moya Ferrari, Aline Darc Piculo dos Santos, Fausto Orsi Medola	2019	Revista Tecnologia e Sociedade	Português	MANUFATURA ADITIVA	Quanto aos materiais, o ácido polilático e a acrilonitrila-butadieno-estireno são os mais utilizados. A maior parte das pesquisas se concentra em países da Europa e América do Norte, com apenas um estudo do Brasil, sugerindo que este ainda é um campo com amplas possibilidades a serem exploradas por aqui.
Márcio Rubens Sousa Santos, Ricardo Cruz Padilha, Tiago Luis Eilers Treichel	2019	Anais do IX Seminário Regional de Extensão Universitária da Região Centro Oeste	Português	MANUFATURA ADITIVA	o projeto permitiu até o momento, digitalizar tridimensionalmente um objeto com a técnica de engenharia reversa para depois modelar e personalizada em um software livre e imprimir na impressora 3D pela técnica de manufatura aditiva pela tecnologia de Fusão e Deposição de Materiais
Victor de Andrade Dantas	2019	Dissertação UFERSA	Português	ÁCIDO POLILÁTICO (PLA)	O resultado da simulação computacional do ensaio de tração mostrou uma diferença de aproximadamente 5% quando comparado ao mesmo parâmetro obtido no ensaio experimental.
Luciana Bolzan, Agnelli Martinez	2018	Repositório USP	Português	TERMOPLÁSTICOS DE BAIXA TEMPERATURA	foram processados novos materiais, obtendo-se 17 amostras de termoplásticos de baixa temperatura, dentre os quais foram selecionados dois, que obtiveram êxito durante o processo de avaliação utilizando o Roteiro de Procedimentos de Testes Práticos Empíricos
Rodrigo Pulido Arce, José Aguiomar Foggiatto,	2017	9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação	Português	MANUFATURA ADITIVA	O procedimento adotado mostrou que é possível desenvolver e fabricar, por manufatura aditiva de baixo custo, uma órtese customizada em até vinte horas, considerando somente o tempo envolvido em cada etapa de trabalho
Gabriel Chemin Rosenmann, José Aguiomar Foggiatto	2017	Repositório UTFPR	Português	MANUFATURA ADITIVA	os equipamentos de digitalização 3D possuem custos elevados, sendo um dos fatores que dificultam a popularização desta solução. Deste modo este trabalho visa avaliar a utilização

					de sistemas de baixo custo para realizar a digitalização 3D, no contexto do desenvolvimento de órteses personalizadas para punho, mão e dedos a serem fabricadas por manufatura aditiva.
Mateus Collares Weigert	2017	Repositório UTFPR	Português	MANUFATURA ADITIVA	Os resultados ressaltaram a importância da etapa de tratamento e correção das malhas para o desenvolvimento de produtos assistivos visando a fabricação por AM. De forma geral, foi possível desenvolver órteses personalizadas utilizando as ferramentas de baixo custo. Os procedimentos descritos neste estudo podem auxiliar no desenvolvimento de produtos assistivos e propiciar a disseminação desse conhecimento nas empresas e instituições dispensadoras de órteses
Marcelo Augusto Rozan dos Santos e Ruís Camargo Tokimatsu .	2017	13º Congresso Ibero-americano de Engenharia Mecânica	Português	MANUFATURA ADITIVA	utilizando as técnicas de Engenharia Reversa Tempo de Voo que digitalizou o membro a partir de um dispositivo de jogos chamado Kinect One e o segundo utilizando a técnica Transmissivo, que utilizou um exame de Tomografia Computadorizada para digitalizar o membro. A partir destas duas técnicas, foram criados dois modelos tridimensionais para assim serem manufaturados na impressora 3D através da técnica de Modelagem por Fusão e Deposição de material.

Fonte: autor, 2023.

Diante da revisão de literatura encontrada nos últimos 5 (cinco) anos, é possível perceber que a maior quantidade de estudos foi voltada para tecnologias de manufatura aditiva por ser uma tendência de elevado crescimento no mercado. Contudo, essa tecnologia demanda um alto investimento de implantação (ROSENMANN, 2017) caso fosse adotado pelo SUS, o que tornaria o produto mais caro. Além disso, cada equipamento imprimiria 1 órtese de cada vez, o que traria maior lentidão ao tempo de produção, tornando inviável a utilização da manufatura aditiva pelo SUS.

3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho de confecção de órteses requer um olhar para o ser humano funcional e os fatores biopsicossociais envolvidos, independente do tipo de órtese confeccionada. Ainda, deve-se considerar que as órteses variam de acordo com as características físicas e clínicas de cada indivíduo (AGNELLI; TOYODA, 2003; GRADIM, 2018).

De acordo com o IBGE (2010), no Brasil existem aproximadamente 45 milhões de pessoas com alguma deficiência, sendo que a deficiência motora é representada por um grupo de 13,2 milhões de pessoas.

Assim, este levantamento possibilitou a verificação dos materiais utilizados nas pesquisas mais recentes e a proposição de uma nova possibilidade de material na fabricação de órteses com custo reduzido, o que pode impactar diretamente os cofres públicos do País.

3.1 - Anatomia Humana

Para o desenvolvimento de uma órtese são necessários conhecimentos sobre a anatomia humana, para melhor adaptação e adequação da órtese.

O esqueleto humano é composto por ossos e cartilagens, formando um escudo que protege órgãos vitais como o cérebro e o coração. Os ossos são formados pela medula óssea (que dá origem a algumas das células do sangue) e substância compacta (que acumula ou troca íons de cálcio e fosfato) (PARESQUE, S.d.). Já a cartilagem é um tecido conjuntivo resistente, elástico, composto de células e fibras dispostas numa matriz intercelular firme e gelatinosa (BRASIL, 2014).

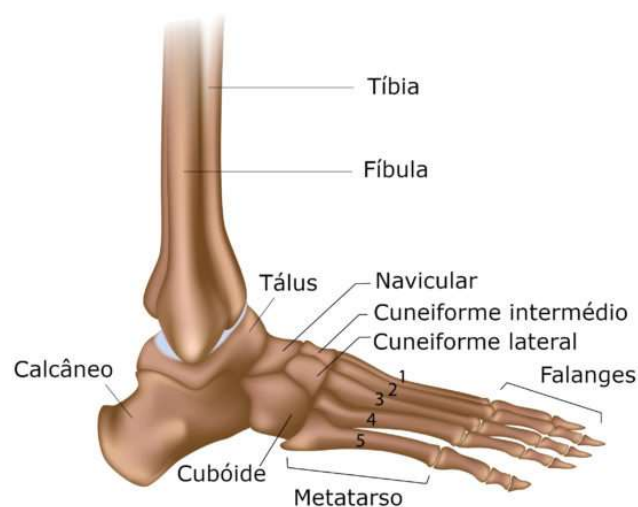
As articulações consistem na conexão existente entre os componentes do esqueleto, sejam ossos ou cartilagens. Já os músculos são estruturas individualizadas que cruzam uma ou mais articulações e são capazes de transmitir-lhes movimento pela sua contração. Com a finalidade de realizar vários movimentos, os músculos trabalham juntos, ou em oposição permitindo estabilidade e eficiência (BRASIL, 2014).

Kroemer (2007) destaca que o corpo humano somente é capaz de se mover graças ao sistema muscular que está distribuído ao longo de todo o corpo, o que representa 40% do peso total do indivíduo. Cada músculo do corpo é constituído por fibras musculares que podem ter entre 5mm e 140mm de comprimento, dependendo do tamanho do músculo. Apenas um músculo pode ter entre 100 mil e 1 milhão de fibras, e em suas extremidades as fibras se combinam o que forma os tendões, estruturas resistentes e pouco elásticas fixadas no sistema ósseo do corpo.

Para melhor visualização, será necessário o estudo da anatomia do tornozelo, nomes dos ossos, nervos e músculos, além de localização dos pontos anatômicos para melhor ajuste do produto ao paciente. De acordo com Dangelo e Fattini (2007) a Anatomia é a ciência que estuda, macro e microscopicamente, a constituição e desenvolvimento dos seres organizados (DANGELO; FATTINI, 2007). Destaca-se aqui que a anatomia estuda a estrutura e a forma dos seres e das coisas (ZORZETTO, 1999).

Primeiramente, é necessário uma análise dos ossos do tornozelo (Figura 1), suas posições, estruturas e formatos:

Figura 1 – Estrutura óssea do tornozelo humano

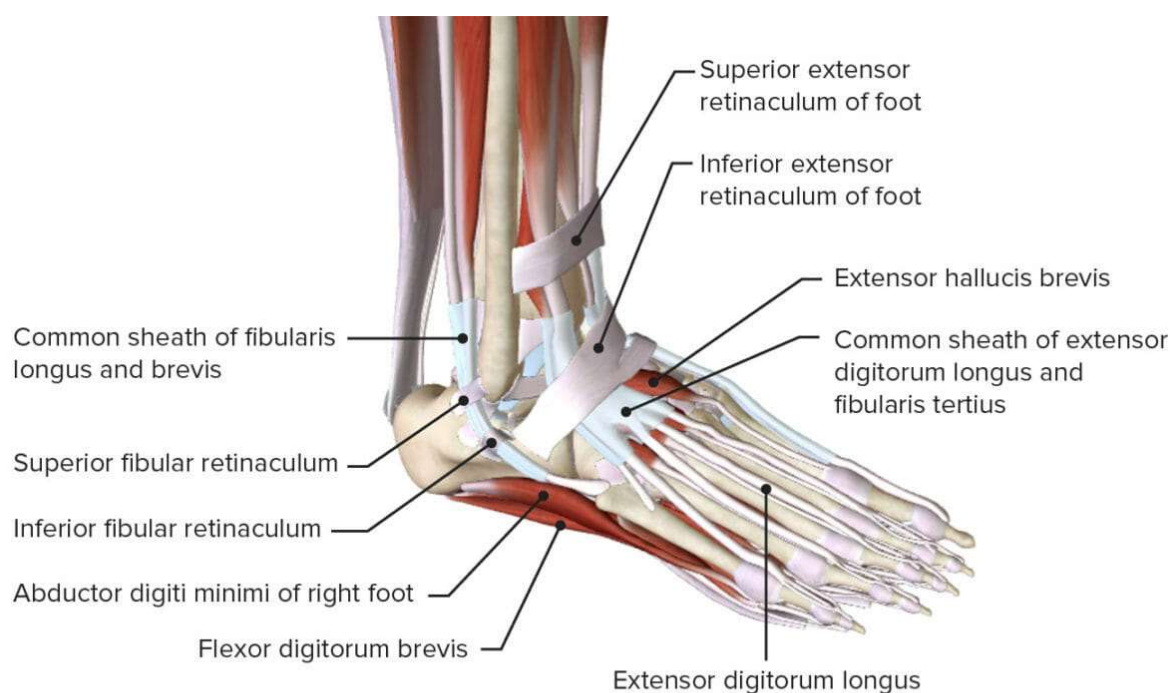


Fonte: Melatti, 2014.

A boa visualização da estrutura óssea (Figura 1) será necessária para o ajuste e ergonomia adequados do produto produzido – órtese de tornozelo. Somente o pé é constituído por 26 ossos de estruturas e tamanhos diferentes, além de 31 articulações e 20 músculos (DANGELO; FATTINI, 2007).

Os músculos e tendões também são parte importante desse mecanismo e serão necessárias observações a respeito destas estruturas:

Figura 2 - Estrutura dos músculos e tendões do tornozelo humano



Fonte: Lecturio, 2023.

De acordo com a Figura 2 a estrutura do pé é mantida unida por meio de 107 ligamentos, o que forma as 31 articulações do tornozelo que se dividem em: articulação superior do tornozelo, articulação subtalar, articulação transversa do tarso, articulações tarsometatarsianas, articulações metatarsofalangeanas, articulações

interfalangeanas. Os movimentos do tornozelo são realizados pelos músculos, nervos e articulações (CAILLIET, 1989).

Os músculos do pé possuem a classificação de: Extrínsecos, que tem origem fora do pé, mas agem diretamente sobre o mesmo; Intrínsecos, que se originam e se encerram no próprio pé (CAILLIET, 1989).

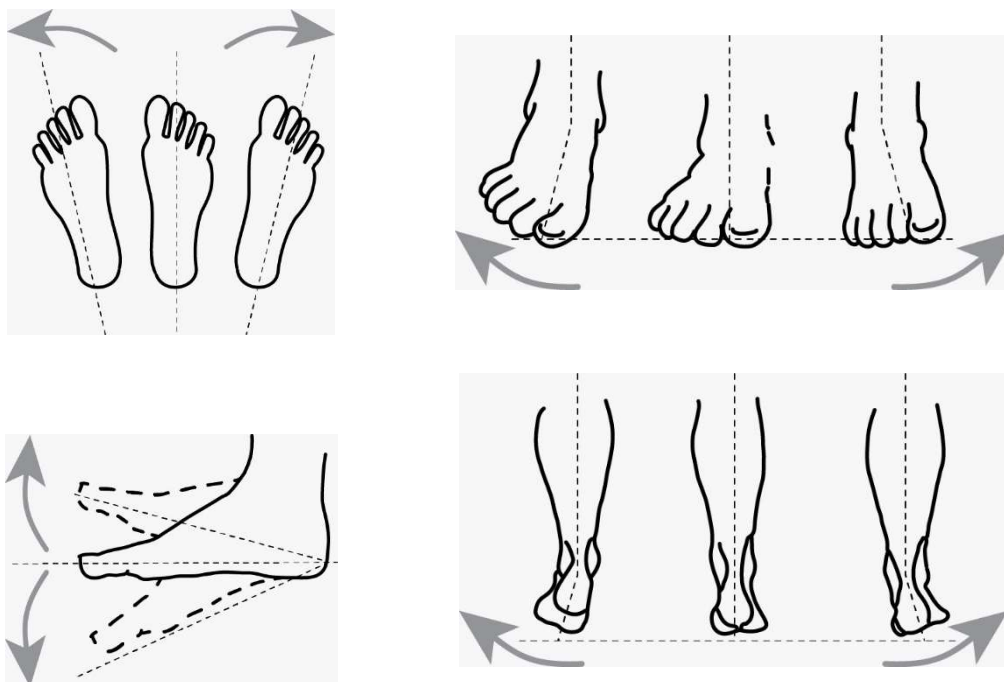
Já os nervos são em 17, iniciam na perna e vão até o pé, inervam os músculos, o que possibilita a realização dos movimentos do tornozelo e dos dedos, e também são receptores sensoriais. A irrigação dos membros inferiores é fornecida pelas artérias tibial posterior e tibial anterior (CAILLIET, 1989).

Para Calais-Germain (2002) o homem se adaptou a posição de bípede, e o pé humano desempenha duas funções: receber o peso do corpo e permitir o desenvolvimento progressivo dinâmico do passo, durante a marcha (CALAIS-GERMAIN, 2002).

A contração da musculatura traz ao sujeito a possibilidade da movimentação em diferentes posições que também serão estudadas para que órtese possa se acomodar de forma confortável e diminuir a menor quantidade de movimentações quanto possível (GRÜDTNER, 2018).

Conforme a Figura 3 é possível observar que os movimentos do pé não são tão variados e extensos como os das mãos, eles estão relacionados a locomoção, suporte de peso e ajustes de equilíbrio e postura. Devido à posição do pé em relação à perna, os termos extensão e flexão não são utilizados para descrever os movimentos do tornozelo. Estes termos são substituídos por dorsiflexão ou flexão dorsal, que é o movimento do pé em direção a face anterior da perna; e plantiflexão ou flexão plantar, que corresponde ao movimento do pé em direção à face posterior da perna. Além dos movimentos citados anteriormente, o pé também realiza eversão, inversão, abdução e adução; todos estes movimentos citados podem ser observados na figura 3 (KAPANDJ, 2000; WHITING, 2001).

Figura 3 – Movimentos do pé humano



Fonte: adaptado de Grüdtner, 2018.

Para Cailliet (2005), o pé normal deve apresentar alguns critérios objetivos: ser indolor, ausência de contratura, equilíbrio muscular normal, sustentação de peso em três pontos durante o apoio/descanso e a marcha, calcanhar central e dedos retos e com boa movimentação. É importante destacar que grande parte das condições dolorosas no pé adulto origina-se em tecidos moles (músculos, ligamentos, tendões, nervos e vasos sanguíneos). E mesmo quando a alteração tem origem esquelética, muitas vezes são as alterações das partes moles as responsáveis pela sintomatologia e incapacidade resultante nesta região. Essas alterações podem ser conseqüências de anormalidades congênitas, infecções ou neoplasias.

Para a presente dissertação, foi necessário avaliar cada um destes aspectos para melhor adaptar a órtese ao paciente de forma que traga conforto, estabilidade e segurança na utilização do produto.

3.2 – Ergonomia, Antropometria e Biomecânica

O estudo sobre a ergonomia neste caso auxiliará no desenvolvimento de uma órtese que pode aumentar a independência e qualidade de vida do paciente, também

denominado de equipamento de Tecnologia Assistiva (TA). A TA abrange produtos, equipamentos, dispositivos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e à participação da pessoa com deficiência ou com mobilidade reduzida, visando à sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2015). As TA englobam conhecimentos de diversas profissões, como por exemplo, de fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, médicos, engenheiros, designers, entre outros (GUIMARÃES, 2015). Neste sentido, a Engenharia e o Design podem, por meio de seus conhecimentos específicos e da prática projetual, contribuir no desenvolvimento de produtos e sistemas que visem promover a autonomia, a qualidade de vida e a inclusão social (GUIMARÃES, 2015).

Segundo Dul (2017) a ergonomia estuda as interações humanas com outros elementos, aplicando a teoria, o método e os princípios do projeto com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e bem estar do sujeito, além de melhorar o desempenho do sistema em que está inserido.

Para Abrahão (2019) a ergonomia possui dois objetivos, o primeiro é centrado nas organizações e pode ser apreendida por diferentes dimensões como a eficiência, produtividade, confiabilidade e qualidade; o outro objetivo foca nas pessoas e com a segurança, saúde, conforto, facilidade de uso e satisfação. Neste sentido, tomam-se estes fundamentos e objetivos para aplicação de conceitos no desenvolvimento de uma órtese de tornozelo (ABRAHÃO, 2019). Diante disso, será fundamental analisar uma órtese em plena utilização conjuntamente com pesquisas em diferentes fontes e participação de um sujeito/paciente, para então desenvolver uma órtese de tornozelo com custo reduzido.

Para Vidal (2001), o foco da ergonomia é de modificar o sistema de trabalho de forma efetiva e realista, com aporte de conhecimentos de diferentes áreas, participativo, onde saberes técnicos, operativos e de manutenção caminham juntos para implantação de uma boa solução.

O estudo da ergonomia de produto se debruça no desenvolvimento de um produto em que os princípios da ergonomia sejam inseridos na fabricação, como qualidade, bem estar do sujeito, segurança e eficiência. Já a ergonomia física se

ocupa em analisar as características antropométricas, de anatomia, fisiologia e biomecânica em relação à atividade física (CORRÊA, 2015).

Neste sentido, no estudo da biomecânica são aplicadas a leis físicas da mecânica do corpo humano para se estimar as tensões musculares e articulares durante uma postura ou movimento do indivíduo. Os princípios mais importantes da biomecânica para a ergonomia são: manter as articulações em posição neutra, conservar os pesos próximo ao corpo, evitar curvar-se para frente, evitar movimentos bruscos que produzem picos de tensão, alternar posturas e movimentos, restringir a duração do esforço muscular contínuo e prevenir a exaustão muscular (DUL, 2017).

Ao contrário das demais articulações, que são exclusivamente de mobilidade ou de estabilidade, o pé e o tornozelo formam um complexo articular que atende a ambas as demandas, sendo algumas vezes móvel e outras vezes estável. O complexo articular do tornozelo e do pé responde a essas demandas, proporcionando uma base estável de suporte para o corpo, em uma variedade de posições de suporte de peso, de forma a não solicitar atividade muscular e gasto energético de forma indevida, funcionando como uma alavanca fixa para propulsionar efetivamente o corpo durante a marcha (NORKIN, 1992).

O estudo da antropometria faz-se necessário neste contexto para a ergonomia e produção de produto, no caso a órtese de tornozelo, pois é a partir da antropometria que existe a possibilidade de identificar a medição da composição corporal e a relação entre qualidade de vida, saúde e bem-estar (ROSSI, CARUSO, GALANTE, 2015).

Para a realização da órtese serão necessárias as medidas antropométricas da panturrilha e tornozelo. Para a medição da panturrilha:

Uma fita métrica deve ser posicionada horizontalmente, ao redor da máxima circunferência, num plano perpendicular ao eixo longo da panturrilha e tocando toda sua extensão, porém sem comprimi-la. O marco zero da fita métrica deve ser segurado com a mão esquerda; e o seu suporte, com a mão direita. A extremidade da fita, com o marco zero, tem de estar abaixo do restante dela no momento da obtenção do valor. Padronização de medidas antropométricas e avaliação da composição corporal 98 a ser registrado. O registro deve ser feito com precisão de 0,1 cm. (COSTA; FREITAS JÚNIOR, 2009, p. 97).

Conforme podemos observar na Figura 4:

Figura 4 – Método para medir a circunferência da panturrilha



Fonte: Costa e Freitas Júnior, 2009.

E para a medição antropométrica do tornozelo, o procedimento de acordo com Costa e Freitas Junior (2009)

Uma fita métrica é posicionada horizontalmente e num plano perpendicular ao eixo longo da perna, ao redor da menor circunferência ao nível do tornozelo, proximal aos maléolos laterais da tíbia e fíbula e tocando toda a extensão do tornozelo, mas sem comprimir a pele. O marco zero da fita métrica deve ser seguro com a mão esquerda e o seu suporte, com a mão direita. A extremidade da fita, com o marco zero, deverá estar abaixo do restante da mesma no momento da obtenção do valor a ser registrado. O registro deve ser feito com precisão de 0,1 cm (COSTA; FREITAS JÚNIOR, 2009, p. 98).

Conforme é possível observar na Figura 5:

Figura 5 – Método para medir a circunferência de tornozelo



Fonte: Costa e Freitas Júnior, 2009.

O processo de confecção de órteses é complexo e deve ser sempre prescrito por um médico ou quando não forem cirúrgicas, por um fisioterapeuta ou terapeuta ocupacional. Uma mínima distorção nesse tipo de produto é capaz de resultar em más consequências ao paciente. Por isso, é importante que o fornecimento de produtos assistivos seja dentro dos conceitos da ergonomia (SILVA, 2014).

3.2.1 – Ergonomia do calçado

De acordo com Gomes Filho (2010) a ergonomia no design de calçado é de essencial importância, e enfatiza a importância da correta utilização dos dados antropométricos disponíveis atualmente e também a modelagem em função dos ajustes necessários na definição dos tamanhos dos calçados. O autor Gomes Filho (2010) ainda enfatiza que são diversos os tamanhos de pernas, pés e dedos, sendo que cada indivíduo possui variações dimensionais, considerando os biótipos do ser humano e diferenças físicas e raciais de diferentes populações. Apesar de todas essas diferenças, foi possível a criação de um sistema de medidas com estudos antropométricos e ergonômicos, que possibilitaram a produção de calçados em larga escala através de fôrmas (GOMES FILHO, 2010). O autor ainda afirma em sua obra que, apesar de todos os estudos antropométricos, ainda são numerosos os problemas ergonômicos dos calçados, podendo-se destacar: Inadequação do pé dentro do calçado; Inadequação do modelo (bico fino); Inadequação do material; Incompatibilidade com a função pela qual é destinado por puro modismo; Falta de

numeração quebrada, como 37,5. Neste caso, o consumidor acaba optando por uma numeração maior, gerando folga no calçado; Pouca disponibilidade de calçados com numeração acima de 42.

De acordo com Schmidt (1995), com a capacidade de representar as medidas e movimentos dos pés, a fôrma é utilizada para modelar e produzir os calçados, permitindo a este adquirir formas e padrões anatômicos, estéticos e técnicos. Baseadas em medidas adquiridas através de estudos antropométricos e prática de mercado, as formas representam o tipo de pé e estilo do calçado a ser construído. Porém, aqui no Brasil, as pesquisas antropométricas realizadas nos pés da população são um pouco complexas devido à diversidade de raças que constituem o país. Sendo assim, a confecção de formas no Brasil não segue um rigor científico.

Para os autores Bozano e Oliveira (2011) a ergonomia pode contribuir na resolução de problemas encontrados para equilibrar a relação do conforto e saúde dos pés. Para Guiel et. al (2006) com relação a funcionalidade do calçado, dois aspectos devem ser verificados: os movimentos do pé e o calce propriamente dito. O autor também afirma que o conforto é obtido por meio do somatório das características: boa distribuição de peso do corpo; adequada estabilidade com redução da pronação; boa capacidade de absorção de impactos; adequação dos componentes visando manter o peso do calçado em níveis de conforto propriedades térmicas da parte interna; boa flexibilidade e aderência adequada do calçado.

Choklat (2012) afirma que para garantir o conforto, algumas folgas-padrão devem ser criadas no interior do sapato. A elevação da biqueira, por exemplo, folga entre a base da ponta do sapato e o chão é fundamental e suaviza o movimento da caminhada. Outra folga importante é aquela entre a ponta dos dedos e o final do sapato, ela permite que o pé se movimente dentro do sapato durante o caminhar e não machuque os dedos.

É importante destacar que o calçado brasileiro é construído, seguindo as normas brasileiras, nas quais a ABNT NBR 14834:2008 determina o conforto do calçado nos requisitos e ensaio; ABNT NBR 14835:2008 a massa do calçado; ABNT NBR 14836:2008 a dinâmica a distribuição da pressão plantar; ABNT NBR 14838:2008 o índice de amortecimento do calçado; ABNT NBR 14837:2008 a temperatura interna do calçado; ABNT NBR 14839:2008 o índice de pronação do

calçado e ABNT NBR 14840:2008 os níveis de percepção do calce. Neste sentido a resposta levantada para esses problemas comuns nos pés em decorrência do calçado é de que a produção massificada torna o produto mais barato, porém o estudo mais aprofundado e levantamento de tecnologias para suprir essas necessidades torna o produto mais caro, tornando inviável a produção (REIS, S.d.).

3.2.1.1 – Dimensões do pé humano masculino e feminino

O tamanho dos pés normalmente é proporcional à altura. Em geral, as pessoas mais baixas têm pés menores, e as mais altas, os pés maiores. Estas medidas nem sempre são exatas, mas, estatisticamente, a altura pode ser prevista de acordo com o tamanho dos pés, e vice-versa (AUDITÓRIO IBIRAPUERA, S.d.).

Em estudo realizado pela empresa Produtos utilizados pelos brasileiros para seus pés (s/d) sobre a numeração do sapato, 95,7% dos homens são atendidos com 7 tamanhos diferentes de calçados (38 a 44) e 97,8% das mulheres são atendidas com 7 tamanhos diferentes (33 a 39), conforme Quadro 2:

Quadro 2 - Numeração dos calçados em centímetros no Brasil

Sapatos femininos	Sapatos masculinos
34 = 22,5 cm de comprimento	35 = 23 cm de comprimento
35 = 23 cm de comprimento	36 = 23,5 cm de comprimento
36 = 23,5 cm de comprimento	37 = 24,5 cm de comprimento
37 = 24 cm de comprimento	38 = 25,5 cm de comprimento
38 = 25 cm de comprimento	39 = 26 cm de comprimento
39 = 26 cm de comprimento	40 = 27 cm de comprimento
40 = 27 cm de comprimento	41 = 27,5 cm de comprimento

41 = 27,5 cm de comprimento	42 = 28,5 cm de comprimento
	43 = 29,5 cm de comprimento
	44 = 30 cm de comprimento
	45 = 30,5 cm
	46 = 31 cm
	47 = 32 cm
	48 = 33 cm

Fonte: autor, 2023.

As dimensões do pé humano são peculiares, inclusive 10,1% dos homens e 23,1% das mulheres têm um pé maior do que o outro. Destes, apenas 3,6% dos homens e 3,2% das mulheres têm necessidade de comprar sapatos com um pé de tamanho diferente do outro (PÉS SEM DOR, S.d.).

3.3 - Tipos de órteses, aplicações e recomendações para órteses dos membros inferiores

Com o termo órtese é possível entender que são aparelhos de uso provisório que permitem corrigir, alinhar, ou regular uma parte do corpo na infância, na fase infantil, adulta ou na velhice. Podem auxiliar nas funções de um membro, órgão ou tecido para evitar deformidade e compensar insuficiências funcionais que foram causadas por acidentes ou problemas de saúde. O objetivo é dar assistência mecânica ou ortopédica ao paciente. Soares (2020) cita que um óculos de grau, neste caso, pode ser considerado uma órtese.

De acordo com Soares (2020) os tipos de órteses são:


- Externas - Bengalas, muletas, colares cervicais, andadores, coletes, aparelhos auditivos, lentes de contato, aparelhos ortodônticos, palmilhas ortopédicas, joelheiras, munhequeiras.
- Internas - Marca-passo, instrumentos para estabilizar a coluna, bombas de infusão.
- Órtese Dinâmica - As órteses dinâmicas, são muitas vezes confundidas com próteses. Elas permitem a mobilidade controlada de articulações específicas através da aplicação de tração com elásticos e molas, que atuam guiando o movimento e restringindo algumas ações. Pode ser feita por impressão em 3D, e dá suporte ao movimento dos membros superiores por meio da tração por elásticos.

A prescrição da órtese é feita com diagnóstico do terapeuta ocupacional, já que é encomendada sob medida e seu uso pode ser definitivo ou temporário (SOARES, 2020).

3.4 – Órteses de membros inferiores

As órteses de membros inferiores podem ser de pé, tornozelo e pé, e também joelho, tornozelo e pé conforme Hensen (2019), Pimentel (2022), Bruhmuller (2021) e Loiola (S.d.) conforme descrito no Quadro 3. Além dessas três categorias de órteses de membro inferior, existem outras órteses destinadas para segmentos isolados do corpo, como: tornozelo, joelho e quadril.

Quadro 3 – Tipos de Órteses e suas aplicações

DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO E APLICAÇÃO	ILUSTRAÇÃO
Órteses de pé (FOOT ORTHESES – FO)	Geralmente são palmilhas ou dispositivos para adaptação dos calçados e saltos, sob medida ou não, que permitem diminuir a pressão em determinadas regiões do pé, como o calcanhar e a cabeça dos metatarsos; estabilizar o corpo; acomodar deformidades, como joanetes; e aumentar conforto para casos de inflamações, como fascite planar, por exemplo.	 <p>Fonte: Doctor Shoes, 2017.</p>

<p>ÓRTESES DE TORNOZELO E PÉ (órteses suropodálicas, ANKLE-foot ou orthoses – afo)</p>	<p>Tem a função de controlar a movimentação e de manter o alinhamento do tornozelo e do pé, podendo permitir que o paciente alcance os mesmos objetivos funcionais que órteses mais altas (como órteses de joelho, tornozelo e pé), porém com o benefício de ter uma estética bem mais aceitável. O projeto desse tipo de órtese deve ser feito considerando o calçado do paciente, para o caso de pacientes com marcha, que utilizarão a órtese e o calçado ao mesmo tempo.</p>	 <p>Fonte: Casa Ortopédica, S.d.</p> <p>Fonte: Amazon, S.d.</p>
<p>órteses de joelho, tornozelo e pé (knee-ankle-foot orthoses – kafo)</p>	<p>São órteses que se estendem da coxa até o pé, sendo assim, são maiores e nem sempre podem ser usadas debaixo das vestimentas. São indicadas para casos de fraturas, fraqueza ou paralisia muscular.</p>	 <p>Fonte: Amazon, S.d.</p>

Fonte: adaptado de Hensen, 2019.

3.4.1 – Modelos de Órtese Suropodálica (Tornozelo e Pé)

Existem dois modelos de órteses suropodálicas no mercado atualmente conforme demonstrado Quadro 4.

Quadro 4 – Modelos de órtese suropodálica

Nome	Finalidade	Foto
Órtese Suropodálica de Polipropileno	Pode ser utilizada de forma permanente ou temporária – para uso de lesão. Normalmente confeccionada por meio de molde realizado na perna do próprio usuário, é feita de forma personalizada para cada usuário. Produzida artesanalmente.	 <p>Fonte: Casa Ortopédica, S.d.</p>
Órtese Suropodálica Robofoot	Normalmente é utilizada temporariamente em lesões. Possui tamanhos P, M,G e se ajusta à perna do usuário de forma “universal” e não possui necessidade de molde na perna do usuário. Produzida industrialmente	 <p>Fonte: Amazon, S.d.</p>

Fonte: adaptado de Hensen, 2019.

3.4.2 – Subsistemas Órtese Suropodálica Robofoot

Para a realização do protótipo, será utilizada como base a órtese Suropodálica – de Tornozelo e Pé no Modelo Robofoot. Para isso, serão analisados os subsistemas (Figura 6) que compõe a órtese e como podem ser substituídos.

Figura 6 – Subsistemas da órtese suropodálica robofoot

ORTESE IMOBILIZADORA SUROPODÁLICA MODELO ROBOFOOT

SUBSISTEMAS:



Fonte imagem: Amazon, S.d.

3.5 - Materiais aplicados as órteses atuais

De acordo com Agnelli (2003) em sua pesquisa com 44 profissionais da Terapia Ocupacional, foi constatado que o material mais utilizado em órteses de membros inferiores é o termoplástico de baixa temperatura, por propiciarem conforto, praticidade e de fácil higienização, contudo é um material de alto custo que muitos pacientes não possuem acesso. A opção de baixo custo utilizada pelos pacientes com menor poder aquisitivo é a atadura de gesso; contudo este material é pesado, possui baixa resistência, esquenta/ressaca a pele e dificulta a higienização.

Segundo Carvalho (2013, p. 25),

as órteses podem ser classificadas quanto à funcionalidade ou quanto ao sistema de confecção, sendo, portanto, divididas, respectivamente, em órteses estáticas, estáticas seriadas, estáticas progressivas ou dinâmicas e em órteses pré-fabricadas, pré-fabricadas ajustáveis ou confeccionadas sob medida.

Quadro 5 – Classificação das órteses por funcionalidade

Órteses Estáticas	Proporcionam repouso, suporte, imobilização, correção, proteção, estabilização do segmento corpóreo envolvido.
Órteses Estáticas Seriadas	São moldadas, mantendo o tecido em seu comprimento máximo. São usadas para obter ganho de movimento.
Órteses Estáticas Progressivas	A força é aplicada através de um componente inelástico ajustado em pequenos aumentos conforme a contratura é reduzida.
Órteses Dinâmicas	Permitem movimentos articulares, auxiliam, limitam ou direcionam movimentos, podendo ser fabricadas com materiais flexíveis que permitem movimentos por deformação do material.

Fonte: Carvalho, 2013, p. 25.

Quadro 6 – Classificação das órteses por sistema de confecção

Órteses pré-fabricadas	Podem adaptar-se perfeitamente às necessidades dos pacientes, desempenham funções relacionadas à imobilização, repouso e limitação do paciente.
Órteses pré-fabricadas ajustáveis	Permitem que os profissionais envolvidos com a reabilitação realizem os ajustes necessários para que se consigam melhores adaptações e função. Elas tendem a substituir algumas órteses que até então eram confeccionadas apenas sob medida.
Órteses confeccionadas sob medida	Proporcionam uma adaptação adequadas. Ajustes nessas órteses também podem ser realizados, como no alinhamento ou na amplitude.

Fonte: Carvalho, 2013, p. 25.

De acordo com o Guia para Prescrição, Concessão, Adaptação e Manutenção de Órteses, Próteses e Meios Auxiliares de Locomoção do Ministério da Saúde (2019) as órteses têm como finalidades principais:

(a) prevenir a instalação de deformidades em equino; (b) favorecer o ganho da amplitude de movimento de dorsiflexão (quando articuladas e associadas a um distrator); ou (c) controlar o alinhamento e a movimentação do pé e do tornozelo, afetando, desta forma, as descargas de peso, o alinhamento corporal, o equilíbrio e, conseqüentemente, o desempenho na marcha.

Além disso, de acordo com Brasil (2019), atualmente o material utilizado para confecção das órteses é o termoplástico de alta temperatura sendo o polipropileno o material mais utilizado. Elas podem ser fixas, não permitindo movimento ao nível da articulação do tornozelo, ou articuladas, garantindo o movimento de dorsiflexão.

No caso da presente dissertação, o protótipo da órtese de tornozelo será de funcionalidade estática e pré-fabricada. Pela tabela do SUS a órtese é classificada como Órtese suropodálica s/articulação (adulto) e possui um custo de R\$180,60 (cento e oitenta reais e sessenta centavos) por unidade, preço praticado até nos dias atuais (BRASIL, 2008; DATASUS, 2023).

3.6 - O custeio de órteses pelo SUS

Por meio da Constituição Federal, em 1988 foi estipulado ao Estado o dever de prestar a saúde a toda a população. A implantação do Sistema Único de Saúde (SUS) promoveu a aplicação e execução desse direito, atendendo assim a todos os cidadãos, por meio do gerenciamento e dos serviços por parte da Federação, Estados e Municípios. Este atendimento compreende três níveis: primário (prevenção), secundário (tratamento) e terciário (reabilitação) (BRASIL, 1988).

Os Estados também possuem a responsabilidade de assegurar os direitos dos deficientes físicos por meio de acesso ao serviço específico, reabilitação do indivíduo e integrações social, conforme a Lei Estadual de São Paulo n. 9938, de 17 de abril de 1998, que dispõe sobre os direitos da pessoa com deficiência. É possível verificar no artigo 4º dessa lei, que o direito à reabilitação compreende o provimento de ações terapêuticas em favor do deficiente, bem como o financiamento para a aquisição de dispositivos de uso pessoal que permitam a correção, diminuição e superação de suas limitações, através de programas próprios do estado e municípios (SÃO PAULO, 1998).

Os recursos de tecnologia assistiva para a reabilitação física dispensados pelo SUS estão previstos na Portaria n. 2848/GM/MS, de 6 de novembro de 2007, na tabela de Procedimentos, Medicamentos, Órteses, Próteses e Materiais Especiais, e incluem: próteses (membros superiores e membros inferiores); órteses (membros superiores, membros inferiores, coletes, colar, suspensório); palmilhas; cadeiras de banho; calçados (anatômicos, ortopédicos, submetidas, para pés diabéticos, etc.); muletas; bengalas; cadeiras de rodas/carrinhos (adulto/infantil); andadores; substituição/troca de espuma, meia e luva e outros componentes de próteses (BRASIL, 2007).

Em 2011 por meio do Decreto n. 7612, o Brasil confirmou o seu compromisso com a Convenção da Organização das Nações Unidas (ONU), lançando o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência – Viver sem Limite, que destinou um investimento de R\$ 7,6 bilhões até 2014. Em meio às diversas ações planejadas, estava a ampliação das redes de produção, facilitação no acesso, criação de oficinas ortopédicas e aumento da oferta das mesmas. Também objetivou-se apoiar programas de inovação em tecnologia e aquisição de tecnologia assistiva, propiciando o incentivo à pesquisa e desenvolvimento de novos produtos (BRASIL, 2011). Para isso a Portaria GM/MS n. 2109 de 21 de setembro de 2012 estabeleceu recurso de R\$ 24.555.240,52, para as despesas previstas com dispensação de Órteses, Próteses e Materiais Especiais pelos Estados, Distrito Federal e Municípios, sendo este mantido até hoje (BRASIL, 2012).

O investimento em novas tecnologias tem permitido melhorias na qualidade de vida de pessoas que em algum momento sofreram alterações em seu curso de desenvolvimento. A proposta da utilização desse recurso envolve a superação de barreiras a fim de que os sujeitos possam desempenhar suas atividades sentindo-se inseridos ativamente na sociedade (CRUZ, 2011).

3.7 – Possibilidade de utilização de material biodegradável na produção do protótipo

Na presente dissertação foi feita testagem de materiais para realização do protótipo. Foi dada preferência à materiais biodegradáveis que possam ter um

descarte que não prejudique o meio ambiente. A importância da utilização de um material biodegradável na confecção da órtese se dá pelo curto período da utilização da mesma, em casos de tratamento rápido em que o paciente utiliza a órtese por 2 ou 3 meses na recuperação de uma cirurgia por exemplo, e então no final do tratamento acaba por descartá-las de forma inapropriada, agredindo o meio ambiente ou até não sabendo uma forma melhor de como descartar o objeto.

De acordo com Salame (1986) a biodegradação é um processo natural onde os compostos orgânicos são redistribuídos para a natureza em forma de nutrientes através de mecanismos bioquímicos. Atualmente, as órteses são produzidas em polipropileno, um material plástico que pode ser moldado quando submetido a temperatura elevada, por isso é classificado como um termoplástico, este material não é biodegradável, contudo pode ser reciclado (SALAME, 1986).

Estima-se que a poluição plástica nos oceanos pode chegar a 300 milhões de toneladas até 2030 se consideramos as atuais projeções de crescimento populacional, projeções de PIB per capita e a atual geração de resíduos plásticos per capita de todo mundo (MACHADO et al., 2018). Foi produzido na última década mais plástico do que em todo o século passado. Por ano são consumidas até 5 trilhões de sacolas plásticas em todo o mundo (ONU, 2018). A utilização do plástico descontrolada gera enormes problemas de contaminação ambiental, uma vez que os resíduos gerados pela decomposição permanecem por mais de quatro séculos no meio ambiente (MOCARZEL et al., 2019).

Diante disso, o desenvolvimento da órtese dará prioridade a materiais biodegradáveis que serão duplamente benéficos, em razão da diminuição do custo para o SUS e também para o meio ambiente.

3.8 – Possibilidade de Materiais a serem utilizados

3.8.1 – Bambu

Historicamente, o bambu tem fornecido alimento, abrigo, ferramentas, utensílios, e estima-se que ele contribui para a subsistência de mais de um bilhão de

peças (CARBONARI, 2017). Igualmente importante, ao lado dos usos tradicionais, tem sido o desenvolvimento de usos industriais do bambu (SASTRY, 1999).

O bambu pertence à família das gramíneas e possui mais de mil espécies espalhadas por todo o globo. É uma planta predominantemente tropical e que cresce mais rapidamente do que qualquer outra planta do planeta, necessitando, em média, de três a seis meses para que um broto atinja sua altura máxima, de até 30m, para as espécies denominadas gigantes (FARRELY, 1984). Aliado a essas qualidades, o bambu possui boa resistência a diferentes esforços e um baixo peso específico, o que reduz o custo de seu manuseio e transporte, como observa Ghavami (2006).

Um estudo realizado por Ghavami e Marinho (2003), onde foram efetuados ensaios mecânicos em várias espécies de bambu (*Dendrocalamus giganteus*, *Guadua angustifolia*, *Guadua angustifolia*, *Guadua tagoara*, *Phyllostachys heterocycla pubescens*-Mosó, e *Phyllostachys bambusoides*-Matake), permitiu mapear as propriedades físicas e mecânicas, além de determinar o módulo de resistência e a tensão na superfície do colmo devido ao momento de flexão dos referidos bambus. Com base nos resultados, é possível estabelecer critérios de dimensionamento e emprego de processos industriais viabilizando o uso do bambu (CARBONARI, 2017).

As características mecânicas do bambu são influenciadas principalmente pelos fatores: espécie, idade, tipo de solo, condições climáticas, época de colheita, teor de umidade das amostras, localização das mesmas em relação ao comprimento do colmo, presença ou ausência de nós nas amostras testadas e tipo do teste aplicado (GHAVAMI, 1989).

Com base nos resultados obtidos das pesquisas sobre bambu durante as duas últimas décadas, em várias partes do mundo, incluindo-se o Brasil, foi possível criar as primeiras normas para tal utilização. Sabendo que o conhecimento das normas é importante não apenas para o uso seguro mas também para a divulgação de um material, o International Network for Bamboo and Rattan (INBAR) (1999) - usou os resultados dessas pesquisas mundiais e propôs normas para a determinação das propriedades físicas e mecânicas dos bambus. As normas propostas foram analisadas pelo International Conference of Building Officials (ICBO) e publicadas no relatório AC 162: Acceptance Criteria for Structural Bamboo, em março de 2000 (ICBO, 2000).

Material como o bambu não é poluente, não requer grande consumo de energia e oxigênio em seu processo de preparo; sua fonte é renovável e de baixo custo (MARÇAL. 2008). Seu “caule”, que tem aparência cilíndrica e alongada, esconde características que poucas plantas possuem. Um sistema de feixes de fibras longitudinais que são praticamente paralelos da base ao topo dessa gramínea que chega a ter mais de 30 metros de altura, diâmetros de até 0,3 metros e suportam uma pressão de vento em sua copa que pode ter uma velocidade de até 50 m/s (MARÇAL, 2008).

O que diferencia o bambu, de outros materiais vegetais estruturais é a sua alta produtividade. Dois anos e meio após ter brotado do solo, o bambu possui resistência mecânica estrutural elevada, não havendo, portanto, nesse aspecto, nenhum concorrente no reino vegetal. Somam-se as características favoráveis uma forma tubular acabada, estruturalmente estável, uma baixa massa específica, uma geometria circular oca, otimizada em termos da razão resistência / massa do material. Os resultados dessas características implicam baixo custo de produção, facilidade de transporte e trabalhabilidade, as quais se revertem em diminuição nos custos das construções (GHAVAMI, 1989, 1992; MOREIRA,1995).

As espécies mais usadas no Brasil são as dos gêneros Bambusa, Dendrocalamus e Phyllostachys, todos de origem asiática. O gênero Phyllostachys se diferencia dos demais por ter rizomas que se alastram facilmente, cujo cultivo exige a instalação de barreiras de contenção (CARBONARI, 2017).

É importante destacar que o cultivo, extração e comercialização de bambus nativos ou exóticos é livre, uma vez que estão dentro da categoria de gramíneas e não de madeiras, conforme a LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012:

Art. 21. É livre a coleta de produtos florestais não madeireiros, tais como frutos, cipós, folhas e sementes, devendo-se observar:

I - os períodos de coleta e volumes fixados em regulamentos específicos, quando houver;

II - a época de maturação dos frutos e sementes;

III - técnicas que não coloquem em risco a sobrevivência de indivíduos e da espécie coletada no caso de coleta de flores, folhas, cascas, óleos, resinas, cipós, bulbos, **bambus** e raízes.

Além disso, o transporte e armazenamento do bambu também é autorizado e livre de documentação, conforme DECRETO Nº 5.975 DE 30 DE NOVEMBRO DE 2006.

Art. 20. O transporte e armazenamento de produtos e subprodutos florestais de origem nativa no território nacional deverão estar acompanhados de documento válido para todo o tempo da viagem ou do armazenamento.

Art. 23. **Ficam dispensados da obrigação prevista no art. 20, quanto ao uso do documento para o transporte e armazenamento, os seguintes produtos e subprodutos florestais de origem nativa:**

VII - **bambu (Bambusa vulgares) e espécies afins;**"

Diante da autorização prevista em lei para livre plantio, cultivo, comercialização, distribuição, transporte e armazenamento, o bambu se mostra um material que pode ser utilização na confecção e órteses pelo SUS.

3.8.2 – Resina Poliéster

A resina poliéster é uma das principais matérias-primas utilizadas na indústria atualmente, possui características como ser fácil de manusear, possui um baixo custo e apresenta boas propriedades químicas e mecânicas. Em conjunto com as fibras de vidro, as resinas dão origem à peças resistentes, duráveis e de alta qualidade (SERCEL, 2018).

Possui característica termofixa, ou seja, após processada, ela não retorna mais ao seu estado líquido original e não pode, assim, ser mais utilizada. Hoje, a principal resina utilizada na fabricação de peças é a poliéster insaturada (SERCEL, 2018).

A resina poliéster insaturada se transforma do estado líquido para o sólido por meio de uma reação química popularmente conhecida como cura ou polimerização.

Esta reação é iniciada logo após a adição de aceleradores, catalisadores e aditivos que servem para acelerar a cura da resina (CASTRO, 2003). Após certo período, a resina líquida se transforma num material gelatinoso, que não pode ser mais manuseado. Depois disso, ocorre o processo de endurecimento da resina, que dissipa uma grande quantidade de calor – processo conhecido como exotermia. É importante lembrarmos que a velocidade de reação da resina poliéster depende de uma série de fatores, como a sua reatividade, o teor de acelerador e de catalisador adicionado, o tipo de fibra utilizado e as condições do ambiente em que a peça está sendo fabricada (CASTRO, 2003).

4 - MATERIAIS E MÉTODOS

Quanto à natureza deste desenvolvimento, este ocorrerá utilizando-se do método de pesquisa aplicada, pois tem a possibilidade de se gerar um produto com finalidades imediatas frente a uma demanda, neste caso será um protótipo de uma órtese de tornozelo. Quanto ao objetivo, será de caráter exploratório, e pode ser originado por impulsos criativos, que a partir de experimentações exploratórias produzem invenções ou inovações. Quanto ao procedimento, este será de caráter experimental, pois este tipo de pesquisa viabiliza a descoberta de novos materiais, componentes, métodos, técnicas, etc.

A presente dissertação foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa sob o número 63151922.4.0000.5431 na data de 28/11/2022 e Aprovada. A realização se deu em parceria com a empresa Centro de Ortopedia Técnica Bauru (COTEC) – CNPJ 13.393.436/0001-30, Endereço Rua Antonio Alves, n. 35-68, na cidade de Bauru-SP.

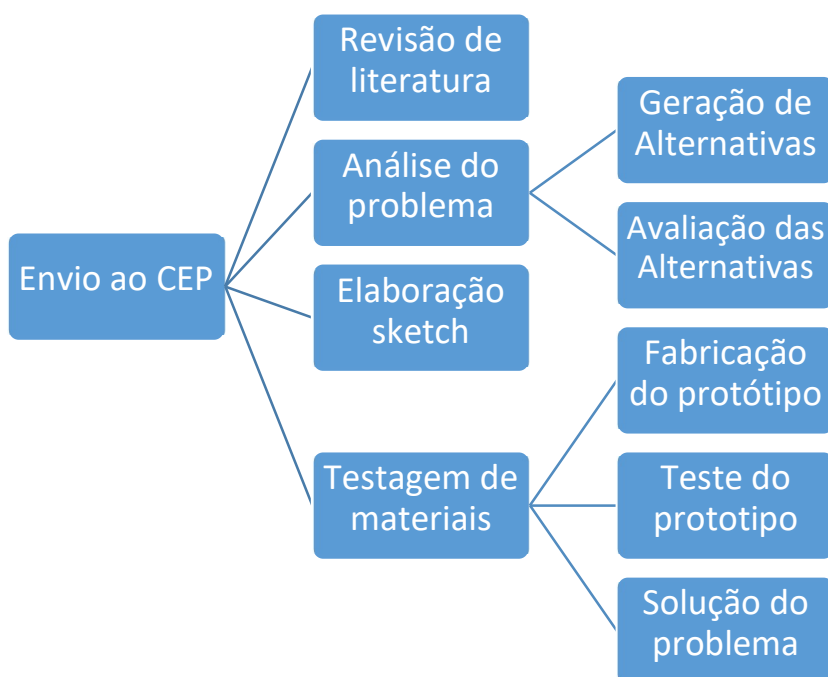
O participante será da COTEC; os critérios de inclusão e exclusão serão: ser adulto, com idades entre 21 e 60 anos, capaz e que necessite utilizar uma órtese de membro inferior. Os critérios de exclusão são todas aquelas que não atendam os critérios de inclusão, portanto, não serão aceitas pessoas com idade inferior a 21 e superior a 60 anos, que possuam enfermidades que afetem o equilíbrio, ou façam uso de medicações controladas voltadas ao controle de distúrbios neurológicos diversos. Também não serão aceitos candidatos a ser participante que possuam necessidade de órtese para dois membros inferiores.

A participação nesta pesquisa não traz complicações legais. Não há risco previsto para a testagem da órtese, e caso haja algum desconforto, deverá ser informado imediatamente para a retirada do mesmo.

O material a ser aplicado na fabricação da órtese será oportunamente identificado e testado. A análise e teste dos materiais selecionados, terão como critérios i) conforto, ii) usabilidade e iii) preço. A análise para a seleção do material também inclui as respostas fornecidas pelo participante, por meio do questionário sobre a órtese testada.

Para este desenvolvimento proposto, foram utilizadas etapas conforme indicadas pela metodologia projetual de Löbach (2001), como se pode observar na Figura 7:

Figura 7 – Método projetual de Löbach



Fonte: adaptado de Löbach, 2001.

1) Análise do Problema: nesta etapa será realizado um levantamento de informações sobre o produto (órtese), preços já praticados, suas possíveis relações com o usuário e também serão observados os produtos da mesma classe já existentes, afim de detectar possibilidades de inovação. As funções práticas e estruturais do produto serão previstas nesta fase, para que se possa avaliar, objetivamente, suas partes, possibilidades de fabricação e ordenação do processo produtivo, além da elaboração de detalhes ligados à forma, cor e material. Neste momento, serão identificados e avaliados os fatores que interferem no projeto para o início do processo criativo que levará à solução.

2) Geração de Alternativas: esta será a fase da produção de ideias, com base na etapa anterior. Neste momento, a mente deve trabalhar livremente, sem restrições,

para gerar a maior quantidade possível de alternativas. A geração pode ser considerada um processo criativo guiado no qual, a utilização de métodos de criatividade adequados facilita o processo de desenvolvimento, minimizando o tempo desta etapa.

3) Avaliação das Alternativas: nesta etapa as ideias serão avaliadas e comparadas entre si, para que sejam escolhidas as que melhor se enquadrem na proposta de redução de custo. Após esta escolha, será elaborado o sketch da órtese para melhor visualização do método de produção a ser adotado.

4) Realização da solução do problema: a última etapa do projeto é a produção da alternativa escolhida como possível solução. Após defini-la e considerar as possíveis alterações para seu aperfeiçoamento, será realizada a produção de um protótipo, que será produzido de acordo com as especificações técnicas elaboradas. Em seguida, será realizado o teste prático no paciente com a órtese, em que serão avaliados alguns parâmetros, como por exemplo, a praticidade, a economia e usabilidade por meio do questionário. Esta análise será entregue de modo impresso ao paciente.

Para formulação do questionário a ser apresentado ao paciente (Apêndice A), será utilizada a metodologia de Günter (2003), em que foi analisado o objetivo central da pesquisa, o público alvo a que se destina e o contexto em que o paciente esta inserido.

Além disso, de acordo com Dillman (1978, p.12) é necessário se atentar a algumas ações:

1 Recompensar o respondente: a) demonstrando consideração; b) oferecendo apreciação verbal usando uma abordagem consultiva; c) apoiando seus valores; d) oferecendo recompensas concretas; e) tornando o instrumento interessante;

2 Reduzir o custo de responder: a) fazendo com que a tarefa pareça breve; b) reduzindo esforços físico e mental requeridos; c) eliminando a possibilidade de embaraços; d) eliminando qualquer implicação de subordinação; e) eliminando qualquer custo financeiro imediato;

3 Estabelecer confiança: a) oferecendo um sinal de apreciação antecipadamente; b) identificando-se com uma instituição conhecida e legitimada; c) aproveitando outros relacionamentos de troca.

Para Günter (2003), a estruturação de um questionário precisa seguir alguns princípios, como por exemplo, que as primeiras questões sejam mais gerais e menos pessoais, para na sequência irem ficando mais específicas e pessoais. Essa questão dará uma lógica ao instrumento, juntamente com a observação das temáticas das questões, que recomenda-se que os itens que dizem respeito a mesma temática, fiquem juntos e iniciam-se com alguma questão que introduza o tema, para aumentar a concentração do respondente. As perguntas podem ser abertas, de múltipla escolha ou dicotômicas (verdadeiro/falso).

O questionário (Apêndice A) foi formulado com uma estrutura para maior entendimento do paciente no momento de responder ao questionário. Serão utilizados os passos de estabelecimento de confiança com o paciente, interação ativa no momento pergunta-resposta e na despedida será reforçada a importância da pesquisa.

Antes da aplicação do questionário, o pesquisador irá esclarecer sobre a importância do instrumento e da necessidade de aplicação para a avaliação do protótipo.

Diante disso, para aplicação do questionário serão utilizadas as metodologias de Dillman (1978) e Morgado (2013), em que será criado um ambiente propício para que o participante responda às questões, seja recompensado demonstrando consideração, e oferecendo uma apreciação verbal com uma abordagem consultiva; será reduzido o custo de responder fazendo com a tarefa seja breve e reduzindo os esforços físicos e mentais; será estabelecida relação de confiança oferecendo um sinal de apreciação antecipadamente e identificando-se como um Mestrando da UNIFATEA.

Não haverá pré-teste do questionário, uma vez que o mesmo será aplicado para avaliação de um produto (protótipo da órtese) e apenas o paciente alvo da dissertação terá informações para responder ao questionário ao utilizar a órtese.

4.1 – Análise dos dados

A análise dos dados será realizada de acordo com as informações fornecidas pelo voluntário após teste com a órtese. Serão avaliados os seguintes critérios: praticidade, economia e usabilidade do projeto.

Além disso, também será comparado o custo para produção do protótipo da órtese e o preço da média paga pelo SUS para verificar se foi possível reduzir o custo do equipamento.

4.2 - Avaliação dos riscos e benefícios

4.2.1 - Riscos

Os riscos envolvem a má adaptabilidade da órtese no usuário, podendo gerar algum tipo de incômodo ou dor. Caso isso ocorra a órtese será retirada imediatamente e toda assistência necessária será oferecida ao participante.

Além disso, um outro risco do projeto envolve o custo do protótipo que pode ficar mais caro que as órteses já utilizadas pelo SUS.

4.2.2 – Benefícios

Um possível benefício do projeto é a o alcance do objetivo proposto, resultando em um protótipo de qualidade, com ergonomia, com boa adaptabilidade no usuário e custo abaixo do que é pago atualmente pelo SUS.

5 – DESENVOLVIMENTO

5.1 – Análise do Problema

Para o desenvolvimento da presente dissertação, iniciaremos pela Primeira etapa com a Análise do Problema.

O produto a ser desenvolvido é uma órtese suropodálica robofoot, que atualmente é fornecida pelo SUS. A busca por uma nova possibilidade de material para fabricação da órtese nesta dissertação está ligada à utilização de um material de menor custo, pois, na prática, muitos pacientes utilizam por pouco tempo e descartam de forma inapropriada. O descarte inapropriado do material leva o produto em contato direto com a natureza, prejudicando o meio ambiente. A intenção de encontrar um material biodegradável solucionaria o problema do descarte inapropriado.

Um segundo ponto a ser considerado é o preço pago pelo SUS em órteses suropodálicas que desde 2008 permanece fixado até hoje em R\$180,60 (cento e oitenta reais e sessenta centavos) (BRASIL, 2008). Neste sentido, encontrar um material biodegradável que seja de preço inferior ao já praticado torna-se um desafio para esta dissertação.

Diante desses pontos, a depender do material a ser escolhido e utilizado para cumprir a proposta apresentada, a fabricação do protótipo pode ser fora dos padrões atuais já implementados. Contudo, será necessária a escolha do material para que se possa determinar a necessidade de ordenação do processo produtivo e elaboração de detalhes ligados à forma.

5.2 - Geração de Alternativas

5.2.1 – Conhecendo uma oficina do SUS

Para entender melhor o processo de fabricação da órtese suropodálica pelo SUS, foram realizadas visitas para observação do método de produção. Na cidade de Bauru-SP, a oficina referência do SUS está localizada dentro da APAE Bauru, entidade sem fins lucrativos que atende atualmente mais de 4 mil pessoas (Figura 8).

Figura 8 – Conhecendo a APAE Bauru



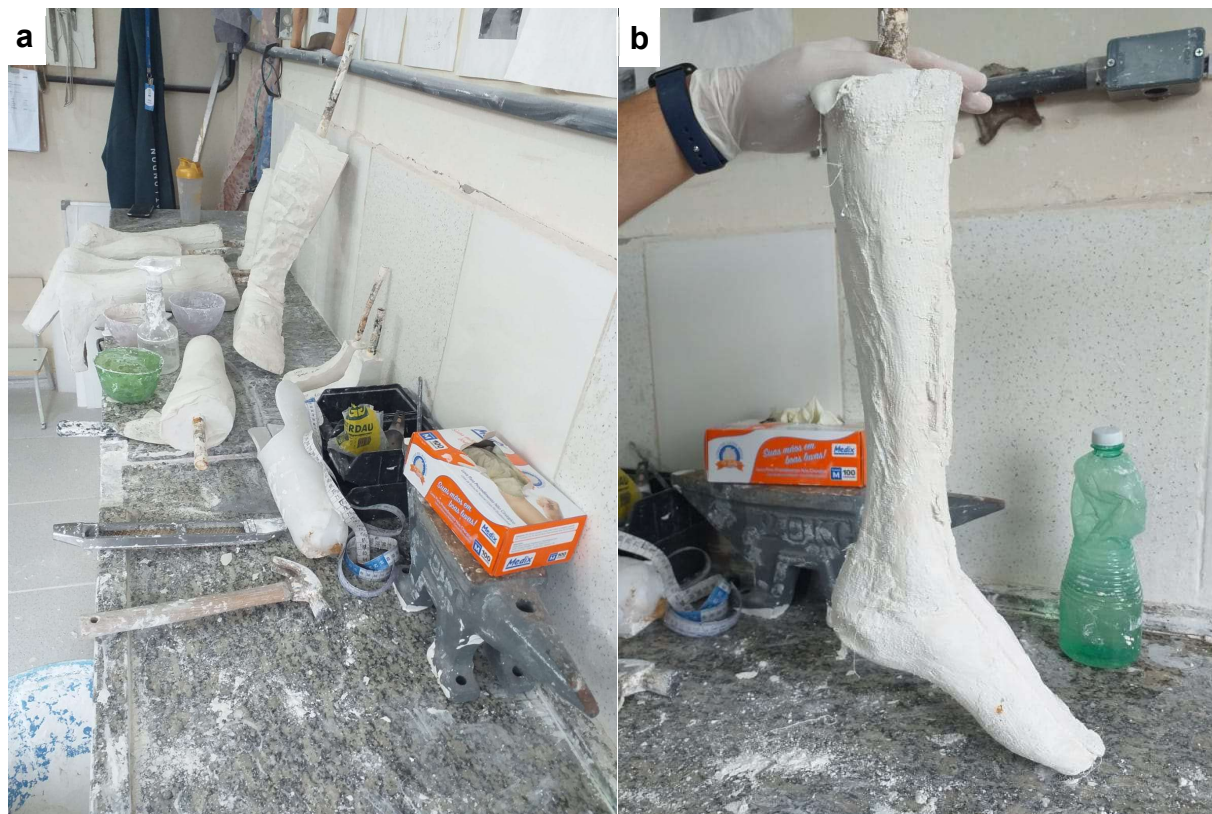
Fonte: Apae Bauru, 2023

A oficina ortopédica da APAE Bauru – SP está localizada na Av. José Henrique Ferraz, 20-20, Residencial Parque Granja Cecília – Bauru – SP, CEP: 17054-697, TEL: (14) 3106-1258/ 3106-1252.

Observando-se o método de produção na Oficina da APAE foi possível: a visualização da fabricação/ retirada do molde de gesso no paciente e a forma de fabricação da órtese em polipropileno, o que possibilitará a elaboração de novos testes e novos materiais. Com esta visita também foi possível gerar a maior quantidade possível de ideias e alternativas dentro do contexto profissional de confecção do produto.

Nas Figuras 9a e 9b estão as fotos da visita na APAE Bauru:

Figura 9 - Processo de Fabricação do molde em atadura gessada

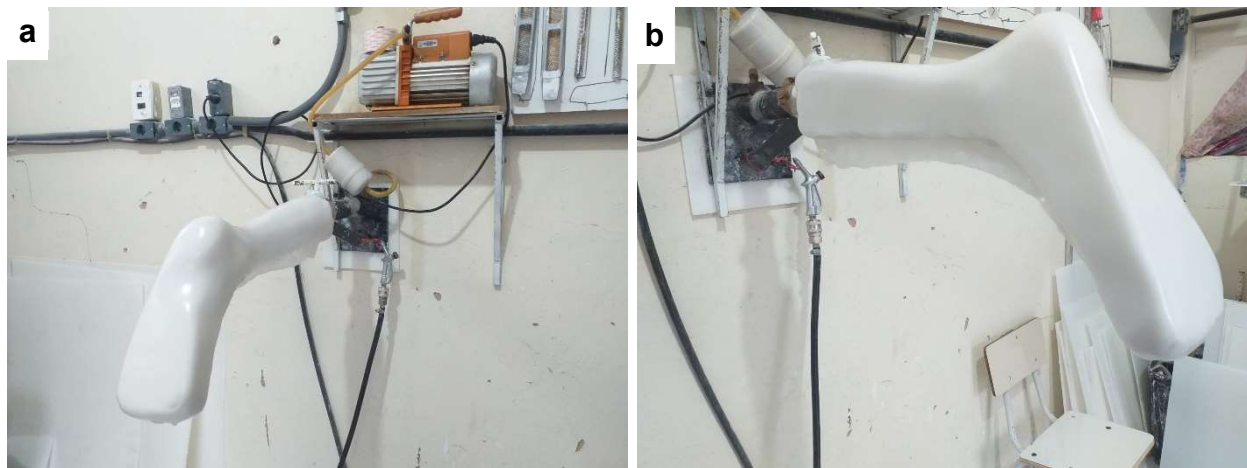


Fonte: autor, 2023.

Na etapa de fabricação do molde (Figura 9), inicialmente é passado o plástico filme envolta da perna do paciente para proteção da pele e pêlos. Em seguida, foi utilizada atadura gessada molhada envolvendo o tornozelo como uma casca, após a secagem dessa casca na perna do paciente, ela é removida com a utilização de uma tesoura especial por profissional especializado para diminuir os riscos de corte na pele do paciente. Em seguida esse casca é preenchida com gesso por dentro para que então possa ser feito o positivo do molde.

Em seguida, como apresentado nas Figuras 10a e 10b o molde positivo do paciente é envolvido por uma placa de polipropileno previamente aquecida. Em Pacientes adultos é necessária a utilização de placa de polipropileno de 6mm de espessura para garantir a resistência da peça. Para crianças são utilizadas placas de 2 ou 3mm.

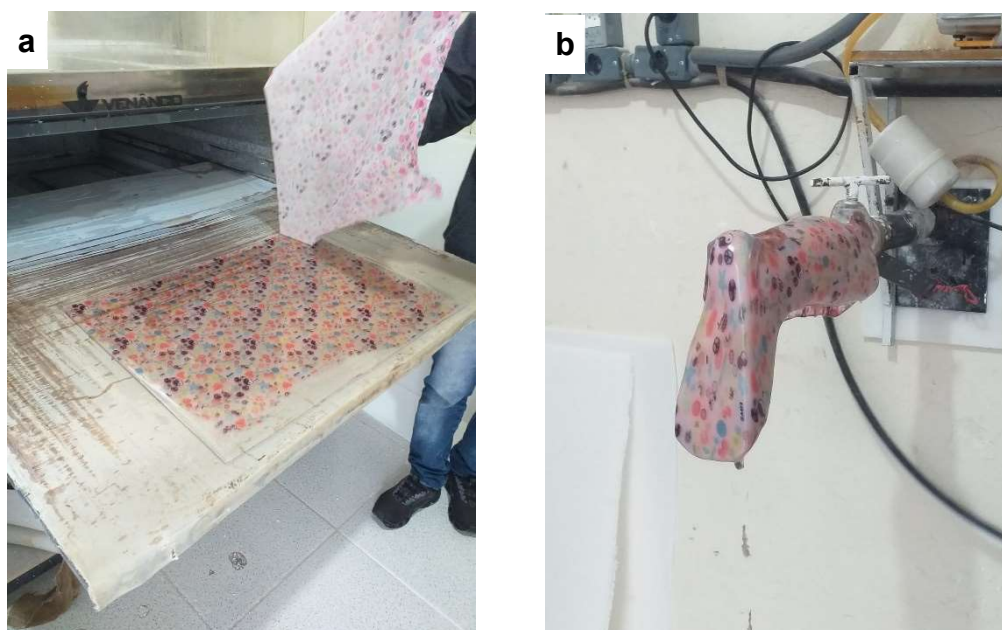
Figura 10 (a-b) - Placa de Polipropileno já fixada por cima do molde de gesso



Fonte: autor, 2023.

Neste tipo de produção com polipropileno é possível a customização da peça com estampas que podem ser selecionadas pelo paciente. Utiliza-se silicone spray (Figura 11c) para fixação da estampa na placa de polipropileno ainda quente, conforme Figuras 11a, 11b e 11c.

Figura 11 (a-b-c) - Customização – decalque aplicado com a chapa ainda quente

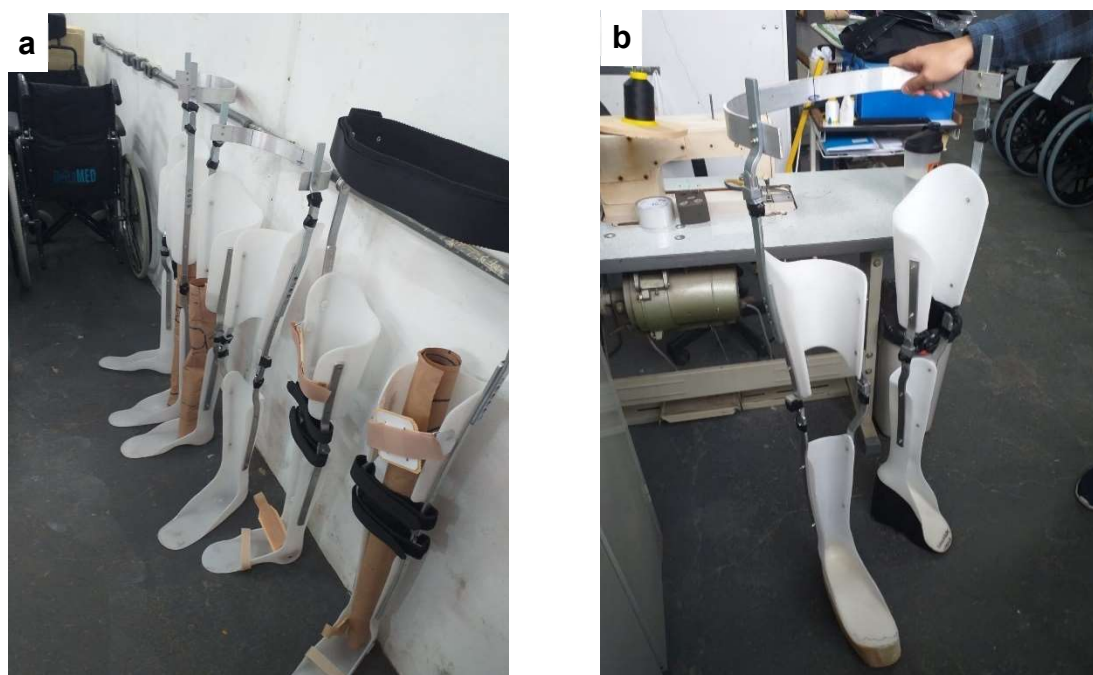




Fonte: autor, 2023.

Nesta oficina são fabricadas os principais tipos de órteses utilizados atualmente como órteses de pé, de tornozelo e de joelho, conforme as Figuras 12a e 12b.

Figura 12 (a-b) – órteses fabricadas na oficina



Fonte: autor, 2023

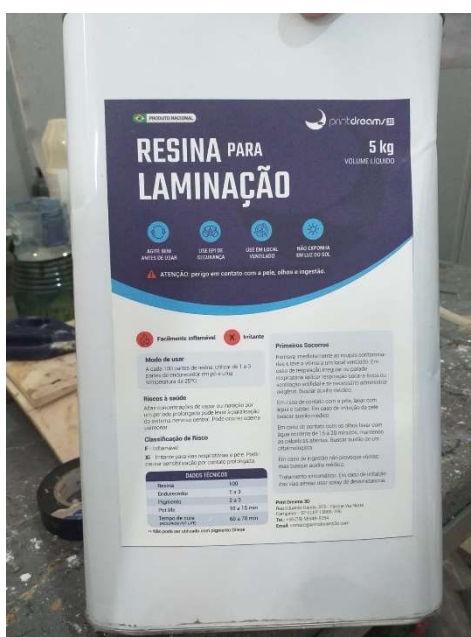
5.3 Avaliação das Alternativas

Para a produção do protótipo foram analisados materiais possíveis conforme descrito nos itens à seguir, e que apresentassem a resistência necessária que uma órtese demanda. A primeira grande dificuldade foi encontrar um material não flexível e biodegradável ao mesmo tempo.

5.3.1 – Resina para laminação de órteses

O primeiro material pensado foi a resina para laminação de órteses (Figura 13). Tal material foi considerado e até sugerido dentro da Oficina do SUS – Bauru-SP, contudo, na composição técnica da resina os componentes químicos fazem com que a órtese não seja biodegradável. Além disso, cada embalagem da resina custaria em média R\$700,00-R\$800,00 (reais) contendo 5 litros de resina, o que também elevaria muito o custo de produção sem benefícios ao meio ambiente.

Figura 13 – Resina para laminação de órteses



Fonte: autor, 2023.

Diante das considerações de alto custo e material não biodegradável, a Resina para laminação de órteses foi eliminada dos testes para o protótipo.

5.3.2 – Resina Acrílica à base d'água e Fibra de coco

O segundo material pensado foi a Resina Acrílica à base d'água e Fibra de coco. A primeira dificuldade foi localizar uma Resina Acrílica à base d'água biodegradável, contudo, após procura, foi possível localizar (Figura 14).

Figura 14 - Resina Acrílica à base d'água biodegradável



Descrição

RESINA ACRÍLICA BASE ÁGUA

- Cura, Protege e Impermeabiliza.
- Recomendamos aplicar sempre duas demãos .
- À prova de fogo e impermeável de base aquosa.
- Secagem Ultra Rápida uma vez aplicada.
- Inodoro e Biodegradável.
- Não é Tóxico.
- Transitável após apenas 2 horas de aplicação.

Fonte: autor, 2023.

Após encontrado o material biodegradável, foi possível realizar o primeiro teste de fabricação do protótipo. O primeiro aspecto para teste foi a resistência, e para isso, foi decidido utilizar a Resina Acrílica à base d'água laminando com fibra de vidro para que, caso o primeiro teste fosse bem sucedido, em seguida trocar a fibra de vidro pela fibra de coco.

Na abertura da embalagem, foi possível perceber que a Resina Acrílica à base d'água tinha aspecto aquoso e não acompanhava catalisador/endurecedor. Diante disso, foi adicionado talco industrial para auxiliar na secagem e endurecimento da Resina. É importante salientar que o talco industrial é composto por Silicato de Magnésio - constituição inorgânica, quimicamente inerte, extraído de jazidas, é um mineral próprio para uso dermatológico, sendo um agente aglutinante e estabilizante para emulsões, cremes corporais, cremes dentais, géis ou pós. A adição do talco industrial não alteraria a característica biodegradável da resina. Os materiais utilizados na testagem estão descritos na Figura 15.

Figura 15 – Materiais teste Resina Acrílica à base d'água



Fonte: autor, 2023.

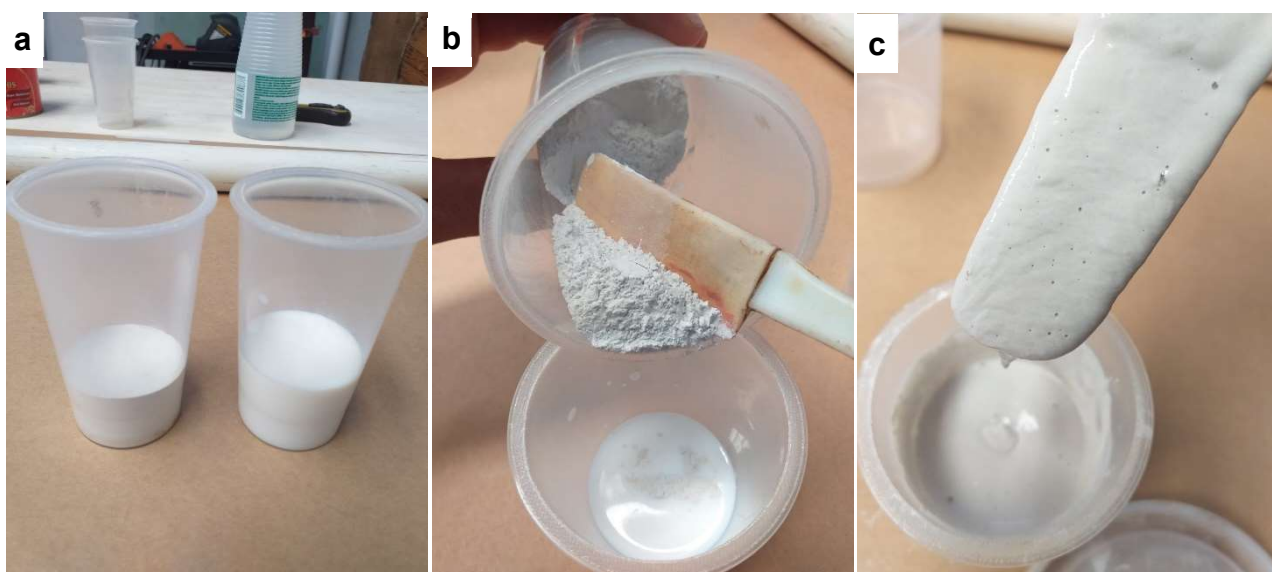
Legenda:

- Item 1 - Resina Acrílica à base d'água
- Item 2 – Talco Industrial
- Item 3 – Utensílio vazio para mistura
- Item 4 – Fibra de Vidro
- Item 5 – Vaselina – desmoldante

Item 6 – Cano de PVC – para apoio do teste – simulando um molde positivo do paciente

Para início do teste, foram misturados a Resina Acrílica à base d'água e o Talco Industrial de forma contínua até a completa mistura dos componentes (Figuras 16a, 16b e 16c).

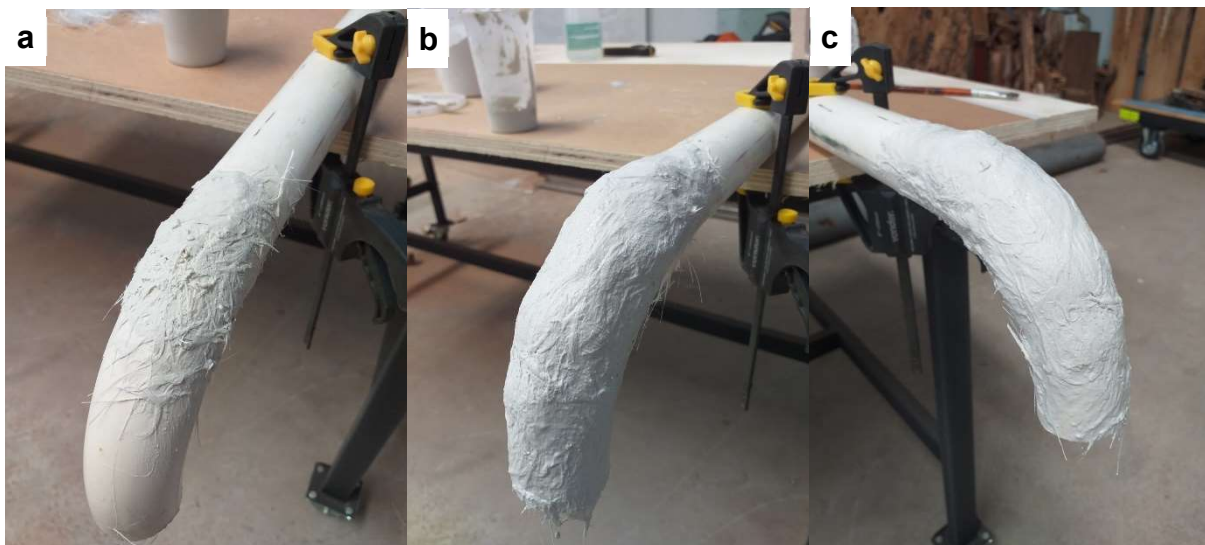
Figura 16 (a-b-c) – Mistura dos materiais teste Resina Acrílica à base d'água



Fonte: autor, 2023.

Após a mistura, foi preparado o tubo de Policloreto de Vinila (PVC) em que se utilizou a vaselina como desmoldante. Em seguida, com auxílio do pincel, foi aplicada uma camada da mistura de resina/talco sobrepondo com camadas de fibra de vidro, e em seguida nova camada de mistura (Figuras 17a, 17b e 17c). Essa sequencia foi repetida por cinco vezes até conseguir uma espessura de 6mm.

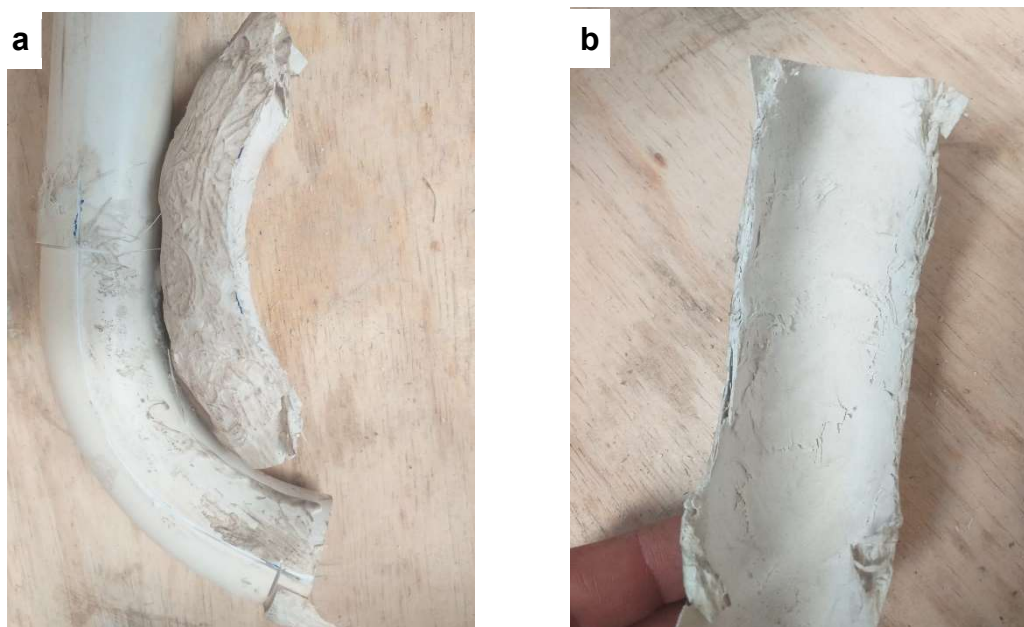
Figura 17 (a-b-c-) - Laminação teste Resina Acrílica à base d'água



Fonte: autor, 2023.

Após 4 dias de secagem, o experimento foi retirado do molde (Figuras 18a e 18b).

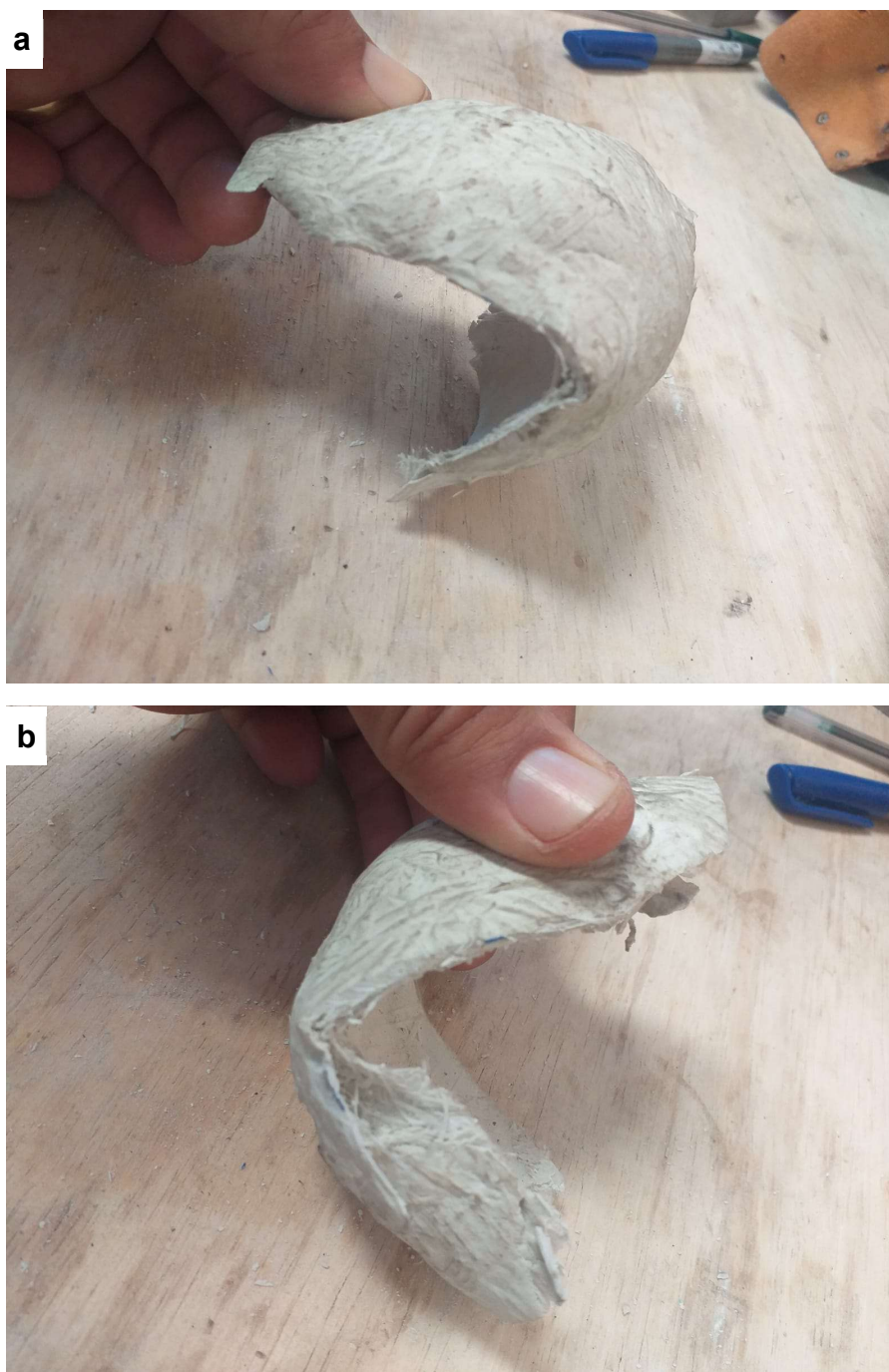
Figura 18 (a-b) -Teste Resina Acrílica à base d'água retirado do molde



Fonte: autor, 2023.

Após a retirada do molde foi possível visualizar que o experimento ficou com aspecto poroso e de muita flexibilidade (Figuras 18 e 19).

Figura 19 (a-b) - Flexibilidade Resina Acrílica à base d'água



Fonte: autor, 2023.

Com o término do experimento foi possível perceber que a Resina Acrílica a base d'água, com talco industrial e fibra de vidro apresentou excesso de flexibilidade,

inviabilizando a continuação dos testes com este material, e portanto este material foi excluído como possibilidade.

Inicialmente, a pesquisa se dedicou a fazer experimentos com resinas e materiais alternativos buscando a utilização de materiais biodegradáveis ou com menor impacto ambiental, alguns experimentos foram realizados, mas percebeu-se que para a obtenção de resultados neste segmento seria necessário um estudo aprofundado o que implicaria em outro objetivo. Como o objetivo da pesquisa visa a produção da órtese em um custo reduzido, foi escolhido um modelo de órtese que é amplamente comercializado e que teria mais benefícios com alteração de custo. Diante disso, foi escolhida a órtese Suropodálica no Modelo Robofoot para melhoria do custo produtivo inserindo materiais de menor impacto ambiental.

6 – FABRICAÇÃO PROTÓTIPO – Resina Poliéster e Bambu

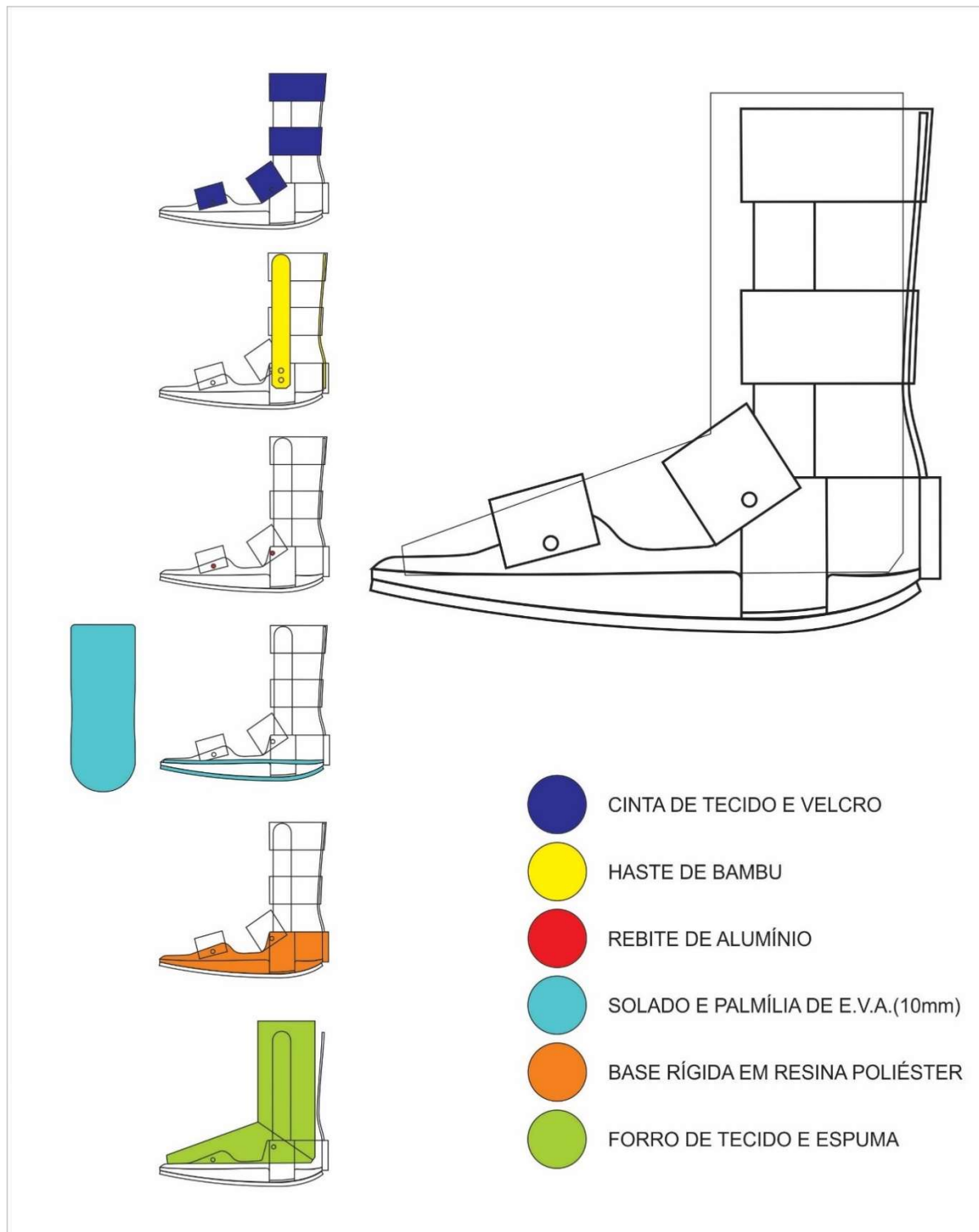
O terceiro material pensado foi a Resina Poliéster e Bambu. A ideia inicial era a construção de uma estrutura utilizando bambu, que substituísse totalmente a estrutura de uma órtese industrializada. Porém, para esse tipo de construção seria necessário a utilização de equipamentos e técnicas que encareceriam o processo, ferramentas e maquinário que o SUS não possui. Então a solução encontrada foi a fabricação de um molde em silicone e utilização da resina poliéster para fundição do protótipo.

Para isso foi adquirida uma órtese suropodálica robofoot modelo padrão tamanho P para estudo de sua forma básica.

6.1 – Desenho em 5 vistas principais do protótipo

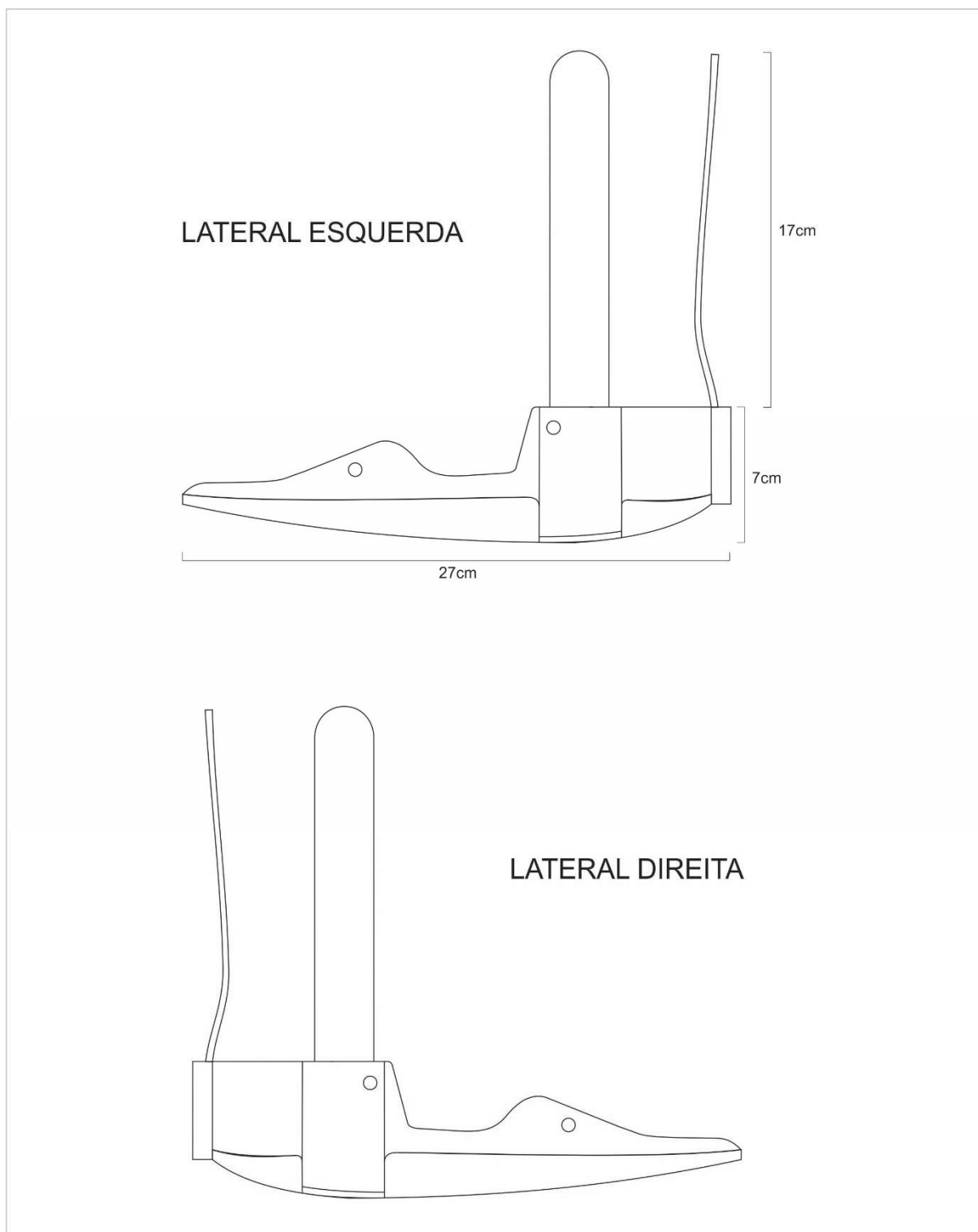
Para melhor visualização, foram feitos desenhos para desenvolvimento e planejamento do protótipo (Figuras 20, 21 e 22).

Figura 20 – Desenho do protótipo e seus subsistemas



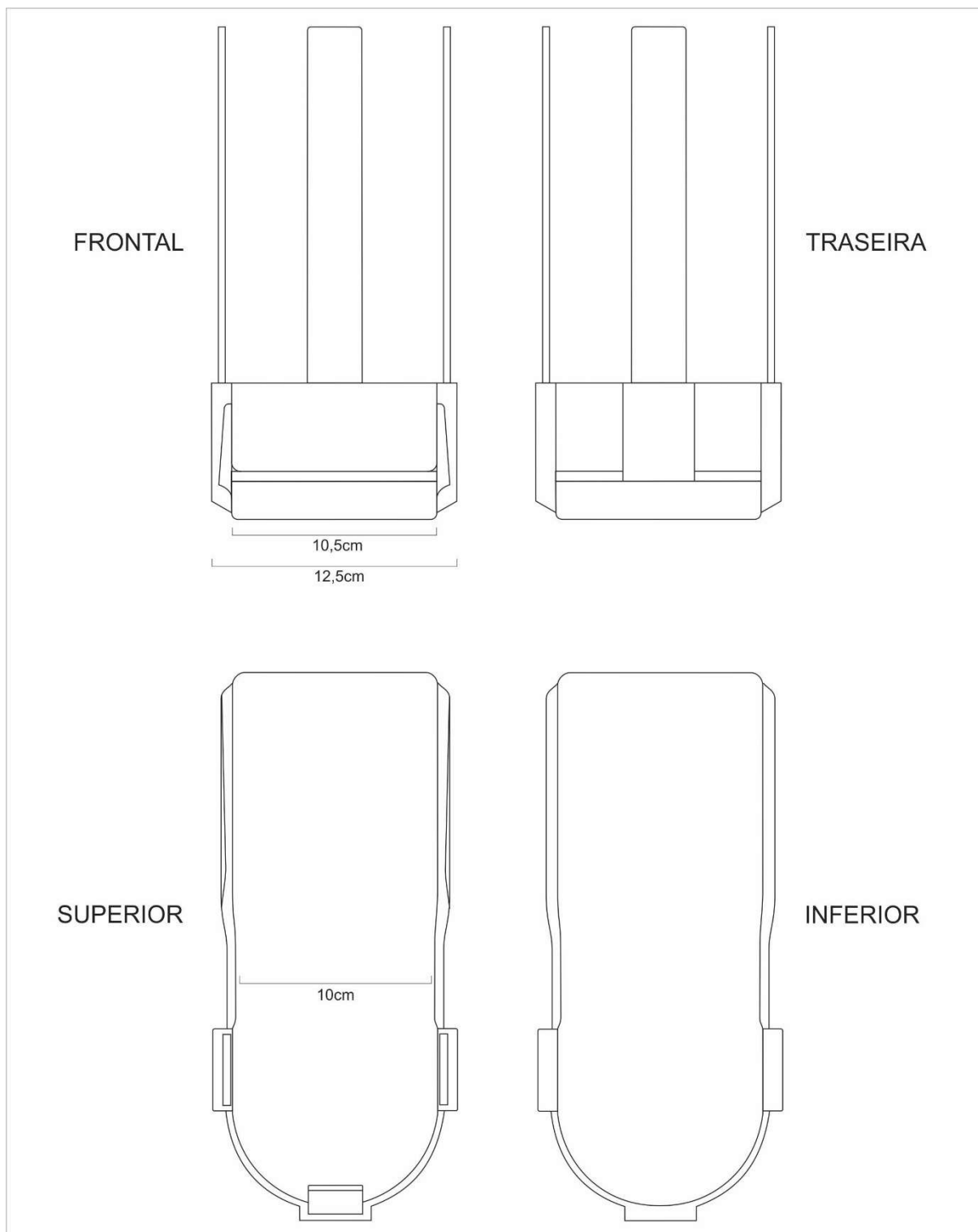
Fonte: autor, 2023.

Figura 21 – Desenho da vista lateral do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 22 – Desenho das vistas frontal, traseira, superior e inferior do protótipo



Fonte: autor, 2023.

6.2 – Fabricação da Órtese Suropodálica Robofoot

Protótipo em escala real de uma órtese tamanho P. A construção da base da matriz foi executada com placas de poliestireno rígido de espessuras 1mm, 2mm e 4mm, Bambu (em seu estado natural), manta de fibra de vidro, placa de Etileno Acetato de Vinila (E.V.A) espessura 10mm, Cinta com velcro, rebites de repuxo em alumínio, Arruelas de aço inox, cola de contato. Alguns detalhes em relevo adicionais na peça matriz como estruturas de reforço, encaixes guias para molde foram feitos utilizando massa para escultura (Clay). Será construída uma peça funcional onde no processo de produção serão confeccionados a peça matriz, molde de silicone em 3 partes e fundição da peça utilizando resina poliéster com adição de carga para reforço (talco industrial).

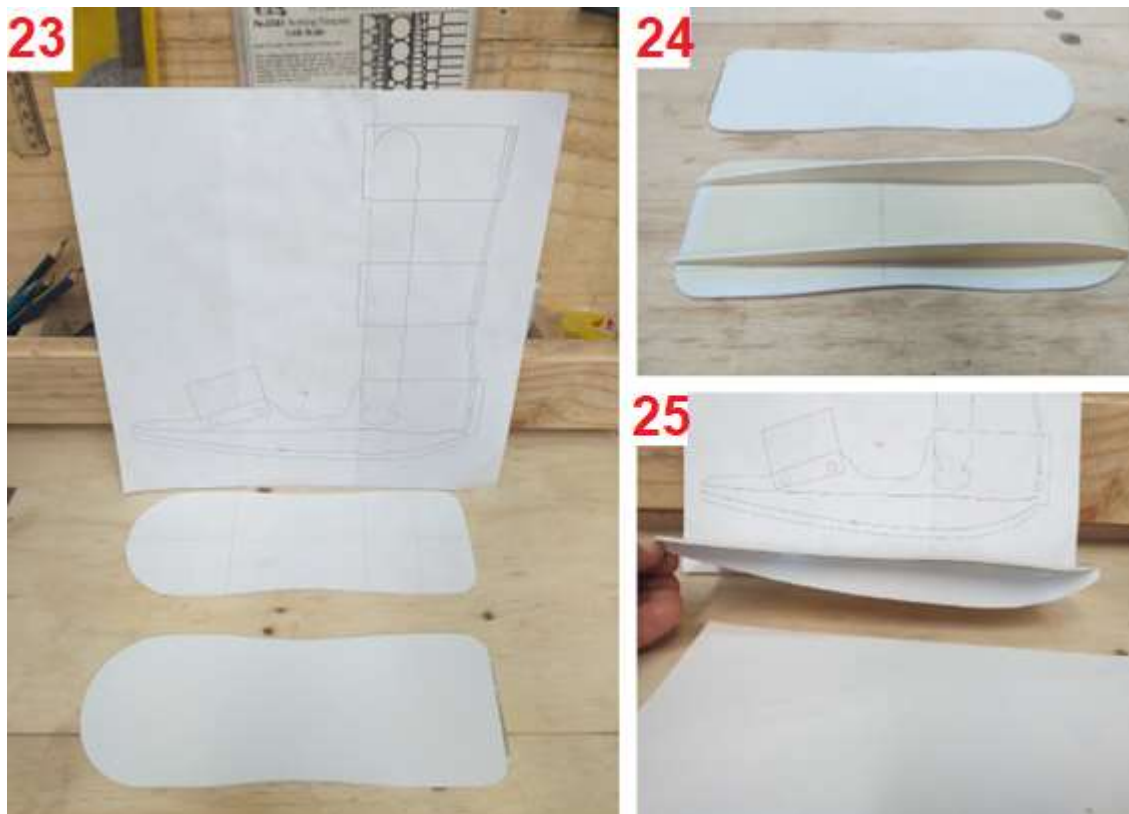
Na sequência será apresentado o passo a passo da construção do protótipo para a órtese com explicações em cada uma das etapas (Figuras 23 à 104).

Figura 23 - Imagem impressa em escala real a ser usada como referência na construção do protótipo.

Figura 24 - Recorte da estrutura da sola e perfil. Essa é a principal etapa de montagem, onde se deve copiar com exatidão na placa de poliestireno 2mm as características e dimensões principais da base, que servirá de referência para todo o restante da construção.

Figura 25 - Em comparação com a imagem de referência, é possível notar a fidelidade nas características da peça.

Figuras 23, 24 e 25 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 26 - Apesar da utilização de cola instantânea, foi necessário o uso de grampos de pressão para auxílio da montagem para manter as peças em suas posições até a secagem total da cola.

Figura 27 - Primeira visualização do aspecto da peça montada. Aqui é importante analisar suas principais características e verificar se há necessidade de correção.

Figura 28 e 29 - Adição do preenchimento do perfil da peça. Nessa etapa também é muito importante uma análise detalhada pois qualquer falha de dimensão ou montagem prejudicará todo o restante da construção.

Figuras 26, 27, 28 e 29 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

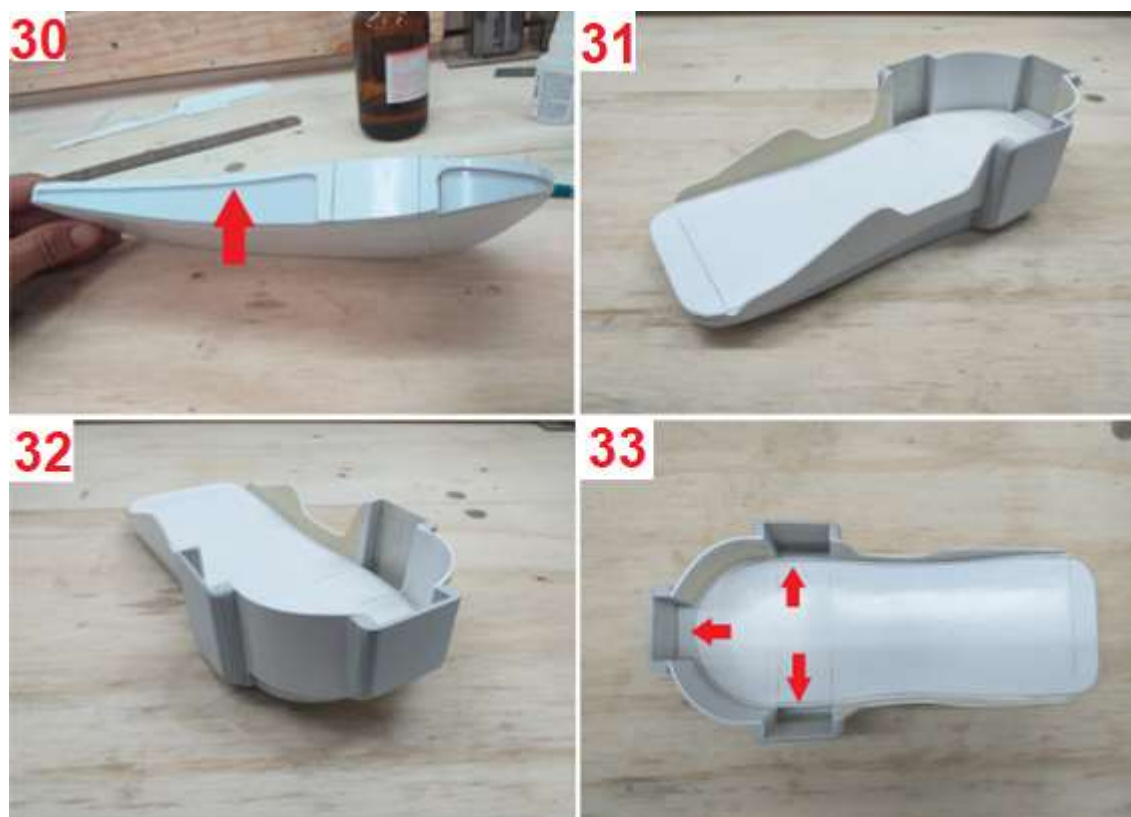
Figura 30 - Início da construção das estruturas de reforço da peça. O ponto indicado com a seta mostra borda onde serão fixadas as abas laterais. Essa borda foi construída com chapa de poliestireno de espessura 4mm.

Figura 31 - Na imagem é possível observar a vista frontal da peça já com todas as abas montadas acima do solado.

Figura 32 - Esse é o ponto onde é aplicada a maior carga de peso, portanto, deve ser construída uma estrutura reforçada.

Figura 33 - As indicações mostram as cavidades onde serão encaixadas as hastes de imobilização de movimento.

Figuras 30, 31, 32 e 33 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

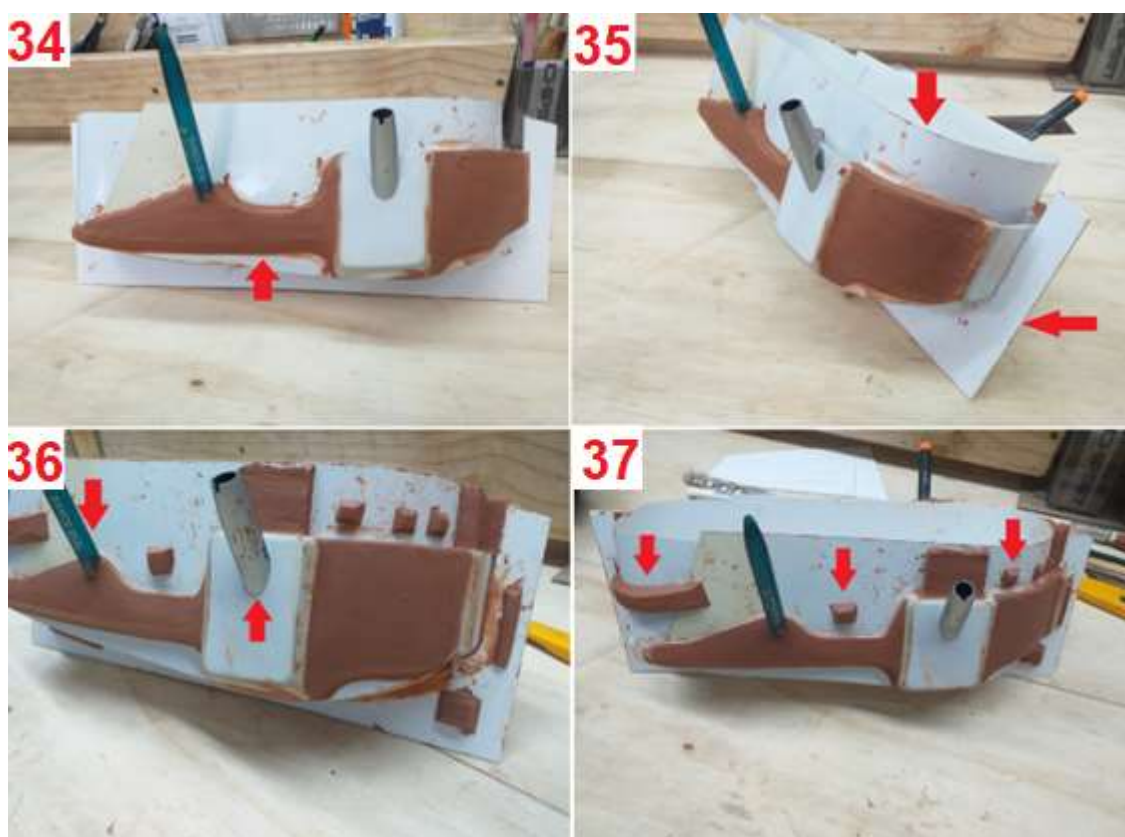
Figura 34 - A massa de modelar (Clay²) possibilitou a adição de detalhes e redimensionamento de algumas partes da peça. Dessa forma foram adicionadas espessuras de 3mm na parte dianteira e 5mm na parte traseira da peça. A intenção é replicar essas dimensões no molde para serem replicados da peça maciça de resina.
Figura 35 - As indicações apontam algumas abas extras feitas em chapa de polioestireno 1mm, que servirão de limitadores do escoamento da borracha de silicone no momento da construção do molde (estas abas não farão parte da peça finalizada).

² Clay é uma massa relativamente barata e a sua maior característica é não “secar”: não é possível assá-la, pois ela derrete com o calor. Isso a torna o material ideal para ser usado na produção de matrizes de peças, porque depois da fôrma ficar pronta, a massa pode ser totalmente reaproveitada. (AREAE, S.d.)

Figura 36 - Pequenos tubos plásticos foram colados nas laterais da peça matriz. Ao serem replicados no molde, servirão de dutos para vasão de ar evitando assim que bolhas e deformidades sejam formadas á peça ao despejar a resina líquida.

Figura 37 - Os relevos indicados servirão de encaixe e guia para o molde de silicone. Esses encaixes são importantes para manter o alinhamento do molde no momento da fundição da resina.

Figuras 34, 35, 36 e 37 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

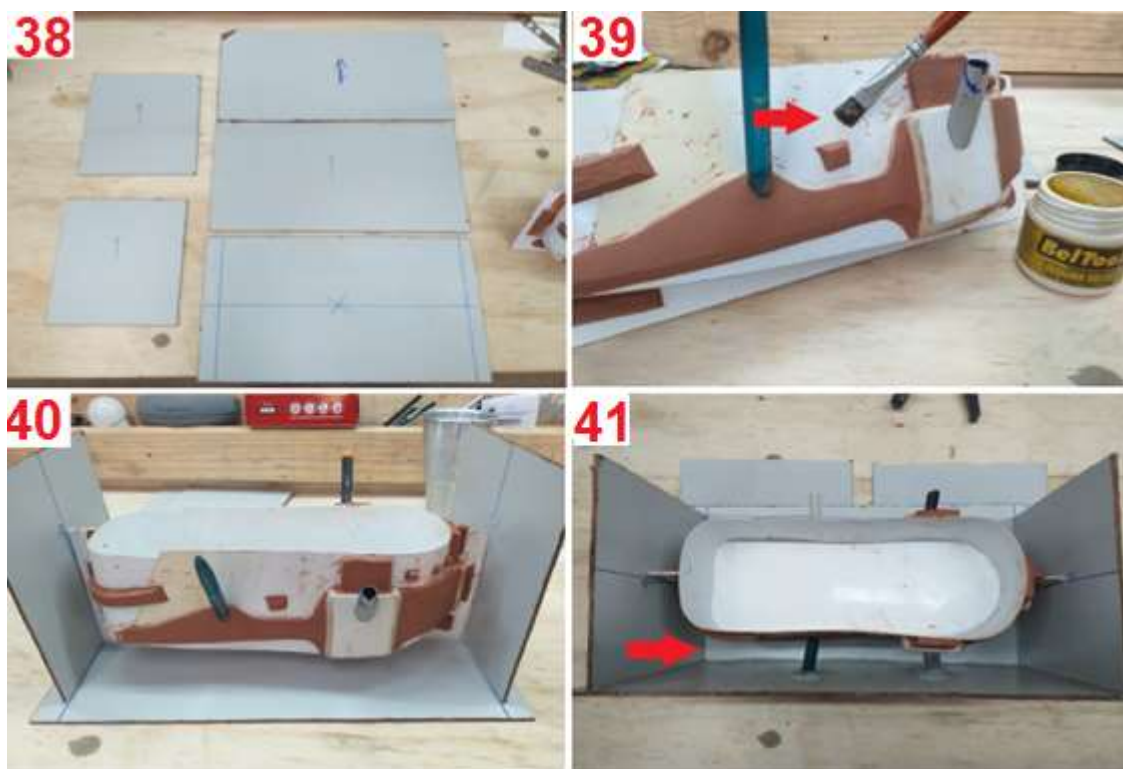
Figura 38 - Preparação para a caixa do molde. As peças da caixa foram recortadas em papelão reforçado. Seu tamanho excede 3cm para cada lado da peça matriz. Esses serão os espaços preenchidos com a borracha de silicone.

Figura 39 - Para evitar que a borracha grude nas estruturas da peça matriz, foi aplicada uma fina camada de vaselina em pasta. Esse material é comumente utilizado como desmoldante nesse tipo de processo.

Figura 40 - Acoplamento da peça matriz.

Figura 41 - A adição da borracha de silicone será feita em 3 partes distintas para tornar possível o desmolde e reaproveitamento do molde na construção de novas peças. A indicação mostra o fosso esquerdo que será preenchido primeiro. É possível observar a conexão dos tubos plásticos diretamente à parede da caixa. Isso replicará uma tomada de ar conectando a parte interna do molde diretamente com a parte externa o que tornará possível o escape de ar no momento da adição da resina.

Figuras 38, 39, 40 e 41 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 42 - Foi utilizado 1kg de borracha de silicone para cada parte do molde (cada embalagem representa 1kg) A borracha azul foi escolhida para as duas partes inferiores do molde por terem uma característica de rigidez média. Isso auxilia na preservação do formato da peça e ao mesmo tempo é suficientemente flexível para a retirada da peça sem danificar o molde.

Figura 43 - Após adicionado o catalisador, a borracha é imediatamente derramada no fosso.

Figura 44 - Foi tomado o cuidado de preencher por completo todo o espaço pois essa primeira parte servirá de apoio e guia na adição das outras duas partes.

Figuras 42, 43, 44 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

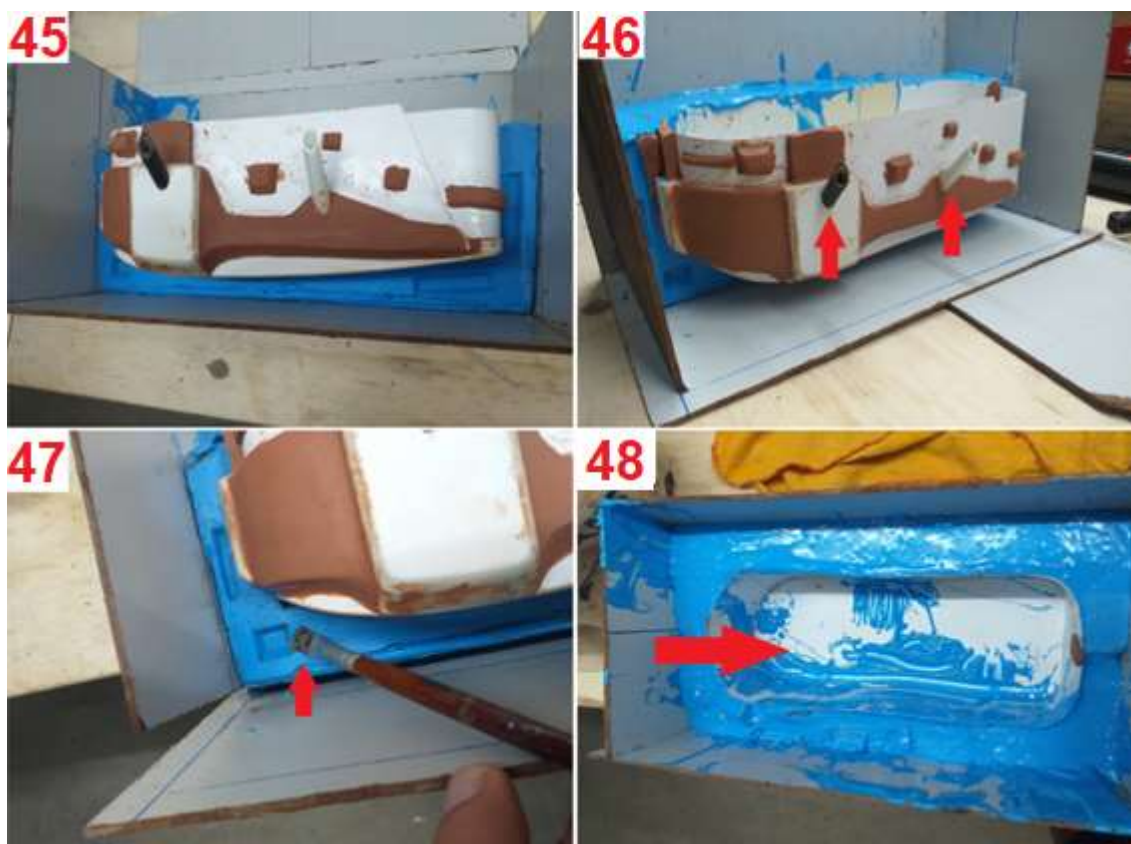
Figura 45 - Após 24h com a borracha já completamente curada foi possível a remoção da aba de divisão central do molde. A peça matriz é mantida fixa à borracha para preparo do preenchimento da segunda parte do molde.

Figura 46 - Nessa vista diagonal é possível notar a altura de preenchimento da borracha de silicone. Deve ser atingido o topo da matriz para assim formar o “piso” para a terceira parte de borracha que será posteriormente aplicado em cima.

Figura 47 - Aplicação de vaselina em pasta para possibilitar a separação da segunda parte após a cura total da borracha.

Figura 48 - Nessa figura é possível observar a cavidade central da peça que foi preservado para a adição da terceira parte de borracha de silicone. Isso tornará possível a cópia completa da parte interna da peça matriz

Figuras 45, 46, 47 e 48 - Construção do protótipo



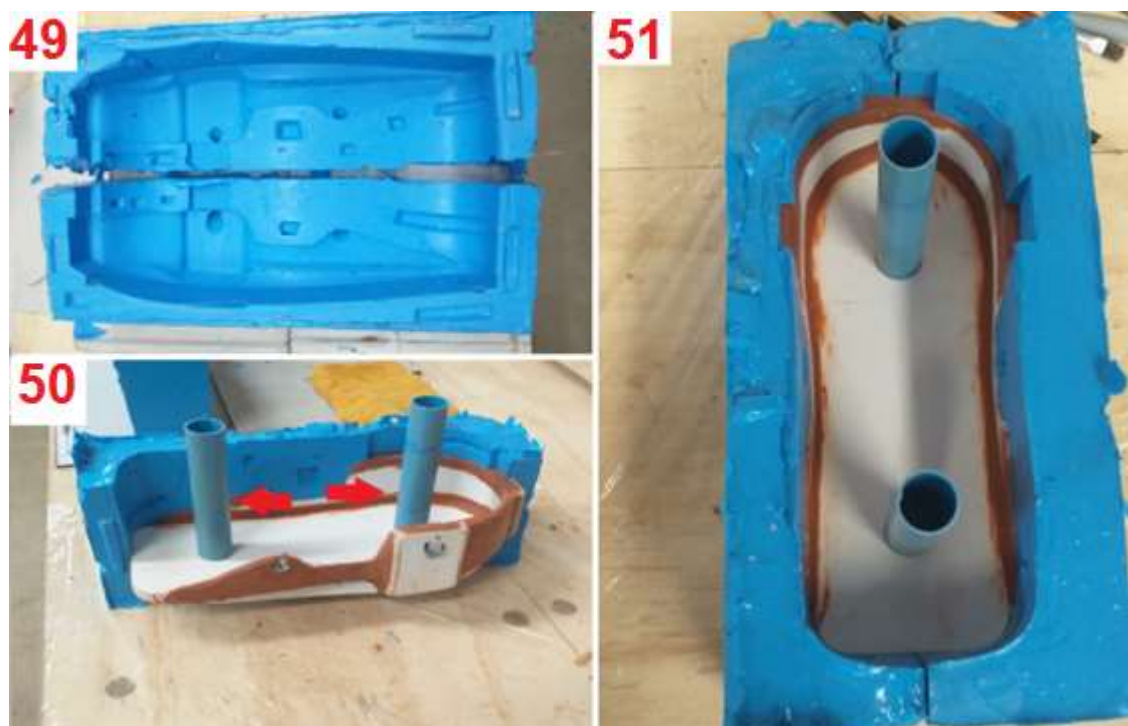
Fonte: autor, 2023.

Figura 49 - Após 48 horas foi possível o desmolde completo das duas primeiras partes de borracha. É possível observar a fidelidade da cópia dos encaixes guia da peça.

Figura 50 - A peça matriz foi novamente preparada, agora para a produção da terceira parte do molde de borracha. Foram removidos os tubos laterais e adicionados dois novos tubos centrais colados diretamente na sola da peça matriz.

Figura 51 - Esses tubos centrais foram adicionados verticalmente nas partes dianteira e traseira da peça. Ao serem replicados no molde, tornarão possível a aplicação da resina para a fundição da peça em resina.

Figuras 49, 50 e 51 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 52 - Para a terceira parte do molde foi utilizado a borracha de cor salmão (mais macia em relação à borracha azul)

Figura 53 - Após a preparação com aplicação de desmoldante, foi despejada a borracha salmão preenchendo todo o fosso central do molde até atingir

aproximadamente 2cm acima do nível da borracha azul. As indicações mostram a posição dos tubos que replicarão o acesso da resina

Figura 54 - Após a cura da borracha salmão, o molde foi totalmente aberto para verificação. A indicação mostra a camada superior que servirá de guia de posicionamento dessa parte do molde

Figuras 52, 53 e 54 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 55 - Molde completo. Teste de encaixe das 3 partes

Figura 56 - Após verificado e testado, o molde é preparado para receber a resina. Para a etapa de fundição não foi necessário a aplicação de desmoldante

Figura 57 - Algumas peças de reforço recortadas em manta de fibra de vidro

Figura 58 - Preparo da resina poliéster (58-1) com utilização de talco industrial (58-2) para reforço

Figuras 55, 56, 57 e 58 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figuras 59 e 60 - Foi utilizada uma balança de precisão para preparo da resina. As indicações mostram a adição de carga numa proporção de 1 parte de talco industrial para cada 2,5 partes de resina poliéster.

Figura 61- A mistura da resina deve ser feita com uma espátula para evitar o máximo possível a formação de bolhas de ar na resina.

Figura 62 - Após catalisada, uma pequena porção da mistura de resina e talco foi aplicada cuidadosamente dentro do molde ainda aberto.

Figuras 59, 60, 61 e 62 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 63 - Nessa primeira etapa de aplicação, o intuito é a fixação dos recortes de manta de fibra de vidro para reforço. A resina foi espalhada com auxílio de um pincel levando a resina para todas as bordas laterais

Figura 64 - Essa imagem mostra a sola da peça já com a manta de fibra de vidro aplicada

Figura 65 - Nesse ângulo é possível ver os reforços laterais. Esse processo foi feito com técnica de laminação

Figuras 63, 64 e 65 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 66 - Durante a cura da laminação com resina e fibra de vidro, foram construídas as hastes de bambu

Figuras 67 e 68 - Com auxílio de ferramentas de corte como serra, facão e outras ferramentas elétricas, foram confeccionadas 3 hastes para montagem na peça durante o processo de fundição

Figuras 66, 67 e 68 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 69 - O fogo ajuda na moldagem do bambu, conseguindo assim o formato anatômico necessário nestas peças

Figuras 70 e 71 - Foram feitos 2 furos na base de cada haste para garantir a fixação dessa peça durante a fundição. Ao escoar pelos furos, a resina formará uma trava que evitará que a haste se desencaixe da peça principal

Figura 72 - Hastes de imobilização preparadas para o processo de fundição. Suas medidas são 240mm x 35mm x 6mm (2 hastes laterais) 210mm x 35mm x 6mm (haste central traseira)

Figuras 69, 70, 71 e 72 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figuras 73 e 74 - Preparo da resina para fundição da peça. Para essa mistura foi mantida a proporção de 1 parte de talco industrial (200g.) para 2,5 partes de resina poliéster (500g.)

Figura 75 - Foram preparados 700g de resina para fundição total da peça.

Figuras 73, 74 e 75 - Construção do protótipo

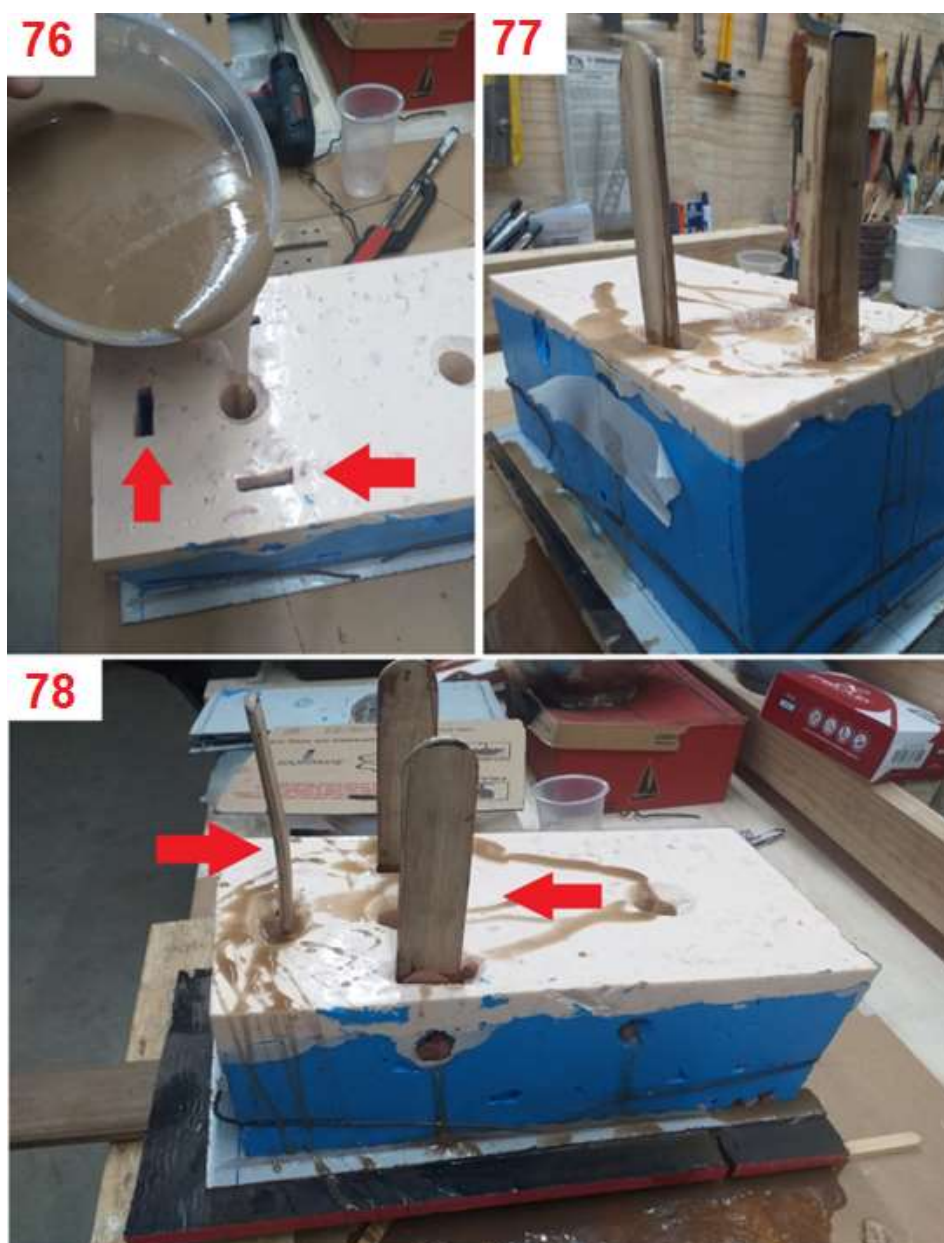


Fonte: autor, 2023.

Figuras 76 e 77 - Preenchimento do molde com a mistura de resina e talco industrial. As marcações indicam as aberturas guias para encaixe das hastes.

Figura 78 - Hastes encaixadas já na posição vertical. Não é necessário fazer ajuste de posição pois a abertura para encaixe foi produzida no molde simulando a posição real das hastes.

Figuras 76, 77 e 78 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

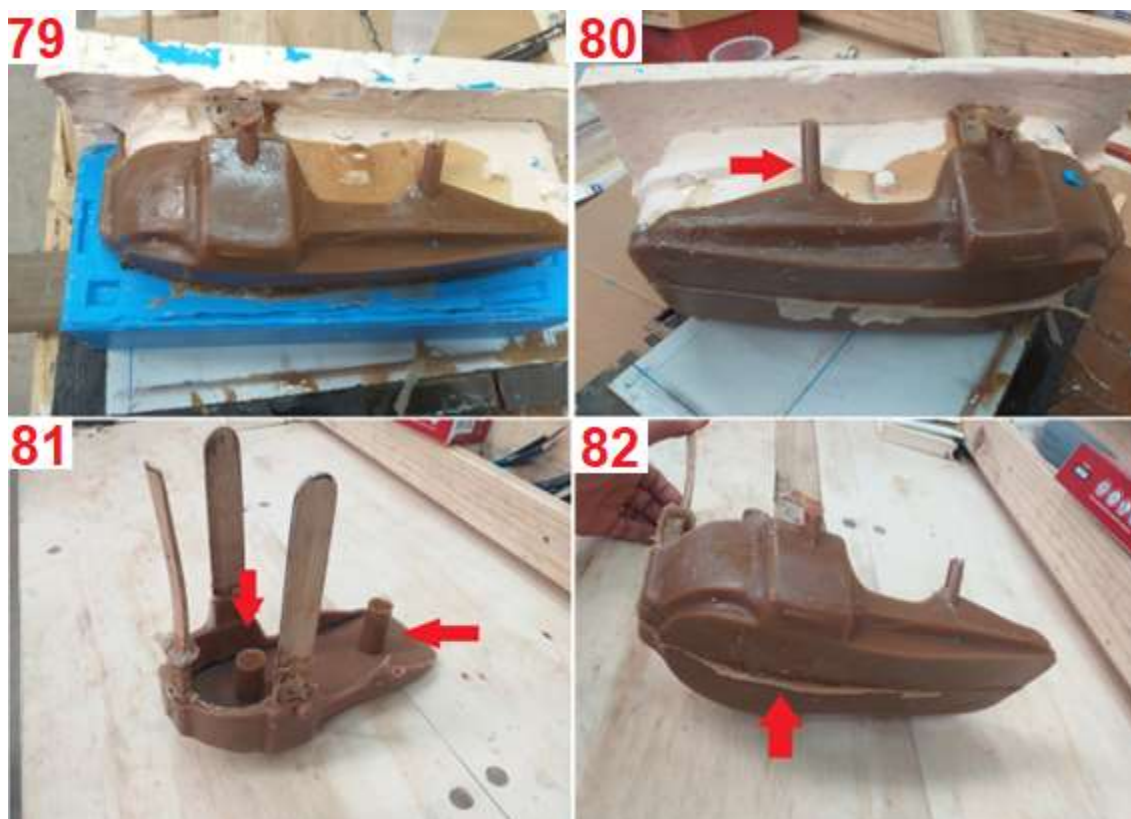
Figura 79 - Após 12 horas de cura já é possível a abertura do molde e remoção da peça. Como se pode notar, todas as áreas foram devidamente preenchidas.

Figura 80 - A seta mostra os dutos de escape de ar preenchidos com resina, o que indica que os mesmos funcionaram perfeitamente permitindo o escoamento da resina em todos os espaços vazios do molde.

Figura 81 - Aqui as sinalizações mostram os cilindros que são formados nos dutos de aplicação da resina. É importante no momento de despejar a resina, observar se estes dutos, assim como os dutos de respiro estão completamente preenchidos pois isso indica que a resina alcançou todos os espaços vazios que formam a peça.

Figura 82 - Nesse tipo de molde partido, e comum a produção de rebarbas. No entanto, uma rebarba pequena como mostrado aqui indica que o molde foi bem fechado e pressionado, preservando fielmente as características da peça.

Figuras 79, 80, 81 e 82 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 83 - Nesta imagem é possível observar a fidelidade da cópia em seu formato e dimensões.

Figura 83 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figuras 84, 85 e 86 - Início da etapa de acabamento. São removidas todas as rebarbas ou quaisquer partes sobressalentes que não são originais da peça matriz.

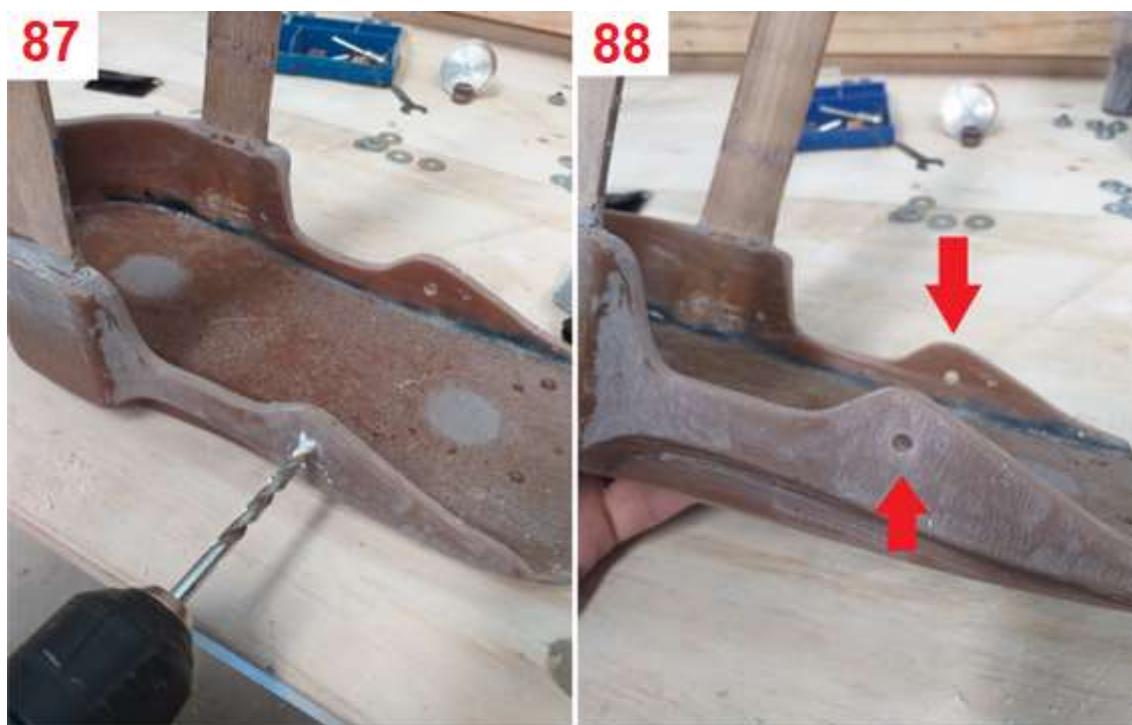
Figuras 84, 85 e 86 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figuras 87 e 88 - Furações com broca 5mm para fixação das cintas e fivelas de velcro.

Figuras 87 e 88 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 89 - Para o sistema de ajuste ao pé, foram adicionados alguns acessórios como 2 cintas de velcro (89-1) fixadas com 4 rebites de repuxo 4,8mm x 16mm (89-2), 8 arruelas de inox furo 5mm (89-3) e 2 fivelas de inox usadas na fixação das cintas (89-4). (As fivelas e cintas de velcro são produzidas nas oficinas de próteses e órteses que atendem o SUS)

Figura 90 - Após fixar devidamente os rebites, foi removido todo o excesso de metal dos rebites que pudesse gerar atrito à pele do usuário.

Figura 91 - Cintas e fivelas já fixadas. É possível notar todo o espaço interno completamente livre, sem rebarbas ou pontas de metal.

Figuras 89, 90 e 91 - Construção do protótipo

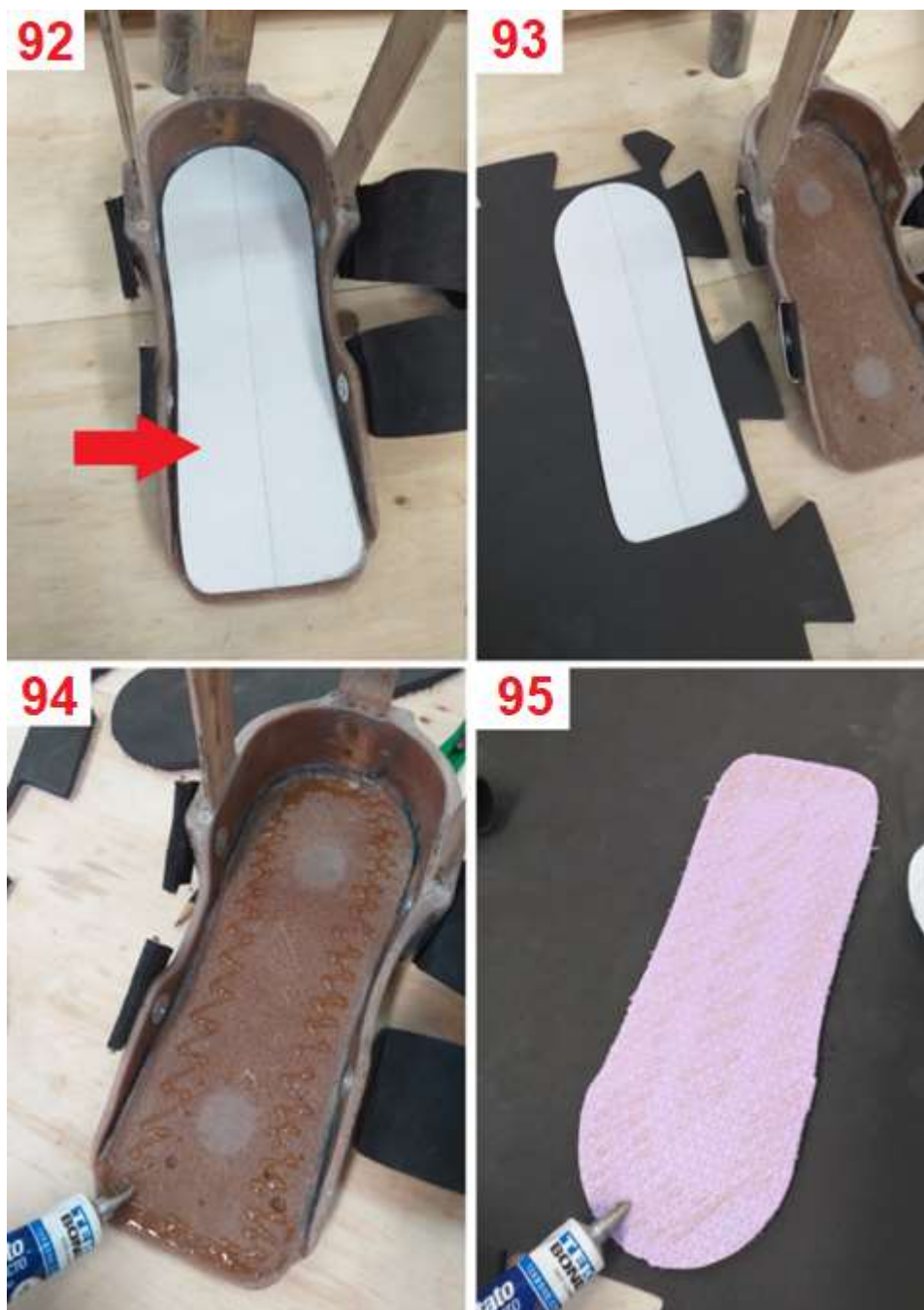


Fonte: autor, 2023.

Figuras 92 e 93 - Com um recorte em papel da planta do solado, foi possível replicá-lo e recortá-lo na placa de E.V.A. para a confecção da palmilha.

Figuras 94 e 95 - A cola de contato foi escolhida por ter um tempo de trabalho curto (cura rápida) e ser capaz de aderir diversos materiais distintos.

Figuras 92, 93, 94 e 95 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 96 - Palmilha fixada

Figura 97 - Preparação para fixação da sola. O método usado foi o mesmo para a fixação da palmilha

Figuras 98 e 99 - Palmilha e sola fixados.

Figuras 96, 97, 98 e 99 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figura 100 - Forro de tecido e espuma. Esse material é produzido nas oficinas de produção de órteses que atendem o SUS. Este exemplar, assim como as cintas de velcro foram cedidos pela equipe da oficina da APAE de BAURU-SP, para a realização desse experimento e construção do protótipo.

Figura 100 - Construção do protótipo



Fonte: autor, 2023.

Figuras 101, 102, 103 e 104 – Com o protótipo finalizado, são demonstradas as vistas laterais, frontal e traseira.

Figuras 101, 102, 103 e 104 – Protótipo finalizado



Fonte: autor, 2023.

Pesagem do protótipo

Foi realizada a pesagem do protótipo com o intuito de comparar com o peso da órtese suropodálica robofoot industrializada Kendal, atualmente comercializada.

Conforme Figura 105 o peso final do protótipo foi de 0,741kg.

Figura 105 – Pesagem do protótipo



Fonte: autor, 2023.

De acordo com a descrição da ficha técnica, o peso da órtese suropodálica robofoot Kendal é de 1,43kg (INDAVIDAS, S.d.) (Figura 106).

Figura 106 – Descrição técnica órtese suropodálica robofoot Kendal

DESCRIÇÃO	INFORMAÇÃO ADICIONAL	AVALIAÇÕES (0)
Peso		1,43000 kg
Dimensões		15 × 18 × 42 cm
tamanho		P, M, G

Fonte: Indavidas, S.d.

O protótipo mostrou vantagens na utilização de materiais como resina poliéster com adição de carga (talco industrial) e bambu, demonstrando oferecer resistência para uso convencional, menor peso, tornando a utilização da órtese pelo paciente mais confortável e menos cansativa em seu uso.

Comparativo entre ilustração e protótipo finalizado

Comparação entre a ilustração inicialmente feita e o protótipo finalizado, sem alterações técnicas significativas considerando que o processo de produção foi artesanal (Figura 107).

Figura 107 – Comparativo entre ilustração e protótipo final



Fonte: autor, 2023.

7 – TESTE DO PROTÓTIPO NO PACIENTE

O teste do protótipo foi realizado juntamente com empresa parceira Centro de Ortopedia Técnica Bauru (COTEC).

Figura 108 – Entrada COTEC



Fonte: Cotec Bauru, 2023.

A empresa possui mais de 20 anos de experiência na confecção de órteses, órteses e cadeiras de rodas, sendo referência neste seguimento.

Figura 109 – Descrição COTEC



Sobre Nós

A COTEC

O Centro de Ortopedia Técnica - Bauru (COTEC), é uma empresa composta por profissionais especializados em ortopedia técnica com mais de 20 anos de experiência na confecção e avaliação de órteses, próteses e cadeira de rodas.

A Cotec, com fabricação própria utilizando materiais nacionais e importados, coloca-se a disposição com uma vasta gama de produtos e soluções tecnológicas de alta qualidade e também preços acessíveis.

Todos os produtos são feitos a partir de uma avaliação específica e em conjunto com equipe técnica, no objetivo de melhor solução para nossos pacientes.

“A Cotec está à disposição e alcance de nossos pacientes e amigos, para que possamos tornar a vida mais feliz, com segurança e qualidade.”

Fonte: Cotec Bauru, 2023.

Clinica Sobre nós Oficina Produtos ▼ Contato

Para realização do teste não foi necessária a moldagem da perna do paciente, pois o protótipo é baseado em uma órtese universal comumente utilizada em recuperação de lesões.

O responsável técnico pela COTEC Sr. Atevaldo José da Silva acompanhou a testagem do protótipo na paciente e forneceu uma opinião técnica sobre o produto, nos quesitos usabilidade, conforto e eficácia no uso.

Na sequência (a,b e c) da Figura 110 foram verificados os encaixes anatômicos, posição das hastes de imobilização e conforto da órtese para execução do teste prático. Não foi detectada nenhuma protuberância ou anomalia que causasse desconforto à paciente voluntária para este teste.

Figura 110 – Paciente Colocando a órtese.

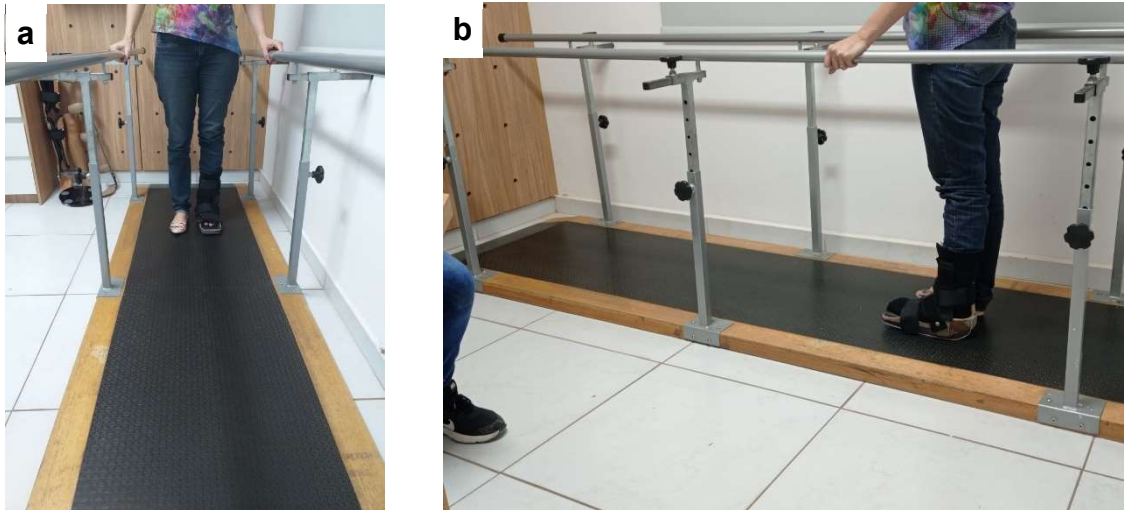


Fonte: autor, 2023.

Na sequência (a à j) da figura 111, foram executadas movimentações em diversos ângulos com a paciente voluntária dispendo seu peso corporal sobre a órtese para verificação de eficiência, resistência, mobilidade e conforto.

Na Figura 111 (a-b) foi realizada a verificação estática com peso corporal distribuído.

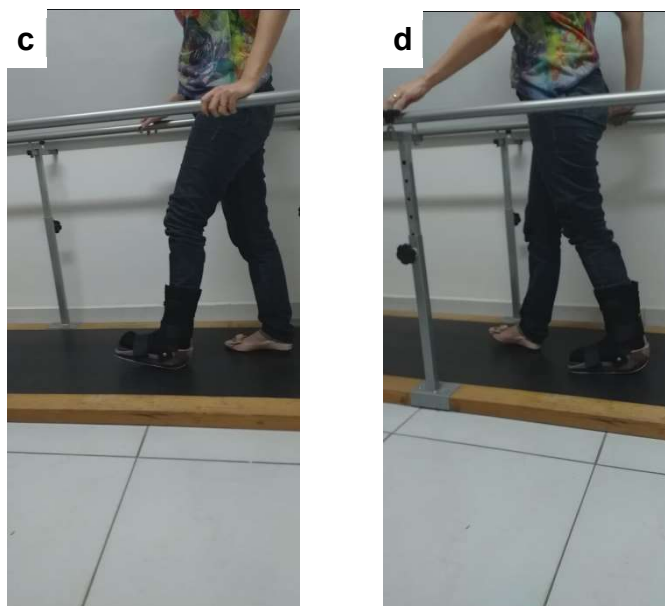
Figura 111 (a-b) - Movimentações com a órtese



Fonte: autor, 2023.

Na Figura 111 (c-d) Movimentos de caminhada simples. Verificação da eficácia do formato arqueado do solado possibilitando o acompanhamento do ângulo da perna durante o movimento.

Figura 111 (c-d) - Movimentações com a órtese

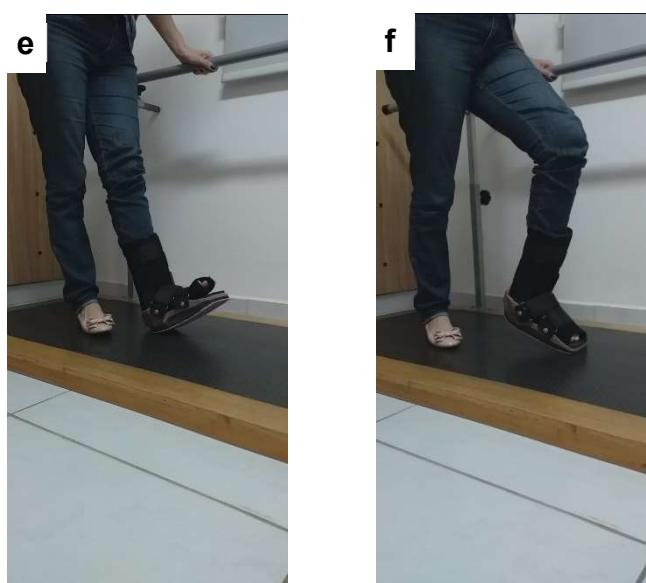


Fonte: autor, 2023.

Em seguida, seguindo instruções do responsável técnico, a usuária fez inúmeros testes de usabilidade, conforto e eficácia.

Na Figura 111 (e-f) Simulação de movimentos em ângulos excessivos. Verificação de imobilização e conforto.

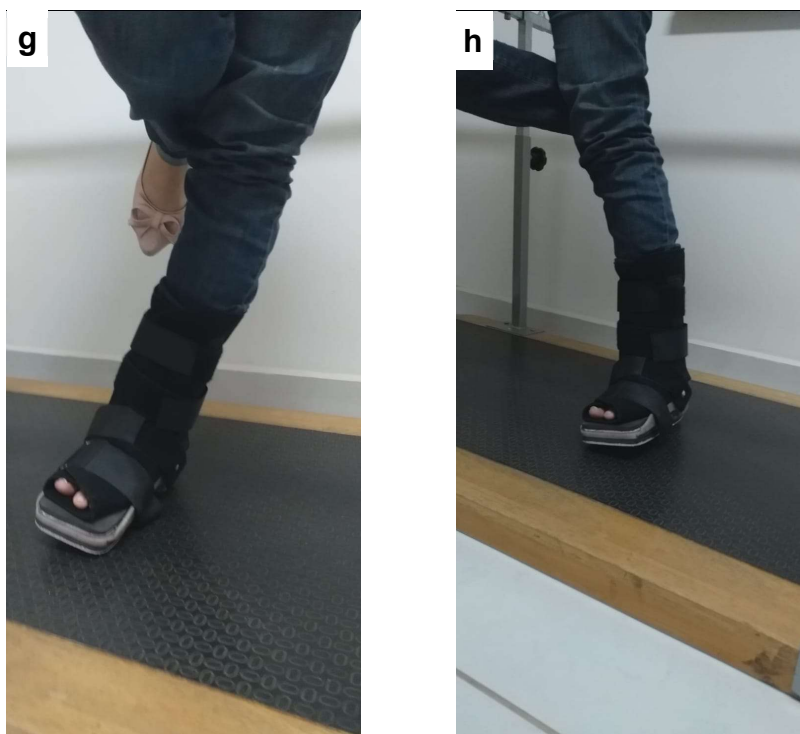
Figura 111 (e-f) - Movimentações com a órtese



Fonte: autor, 2023.

Na Figura 111 (g-h) Verificação de estabilidade em movimentos laterais com peso corporal total da paciente voluntária sobre a órtese.

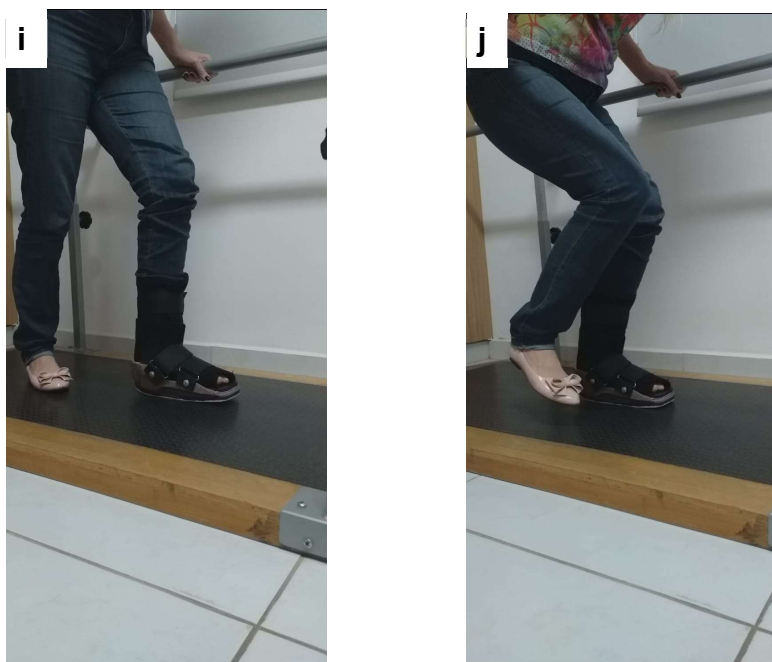
Figura 111 (g-h) - Movimentações com a órtese



Fonte: autor, 2023.

Figura 111 (i-j) Verificação de estabilidade da órtese sobre movimento de flexão de perna.

Figura 111 (i-j) - Movimentações com a órtese



Fonte: autor, 2023.

Figura 111 (k-l) Verificação de estabilidade da órtese na transferência de peso corporal.

Figura 111 (k-l) - Movimentações com a órtese



Fonte: autor, 2023.

Figura 111 (m-n) Verificação de estabilidade da órtese em movimentos laterais com peso corporal distribuído.

Figura 111 (m-n) - Movimentações com a órtese



Fonte: autor, 2023.

7.1 – Análise das respostas do questionário

Após o teste realizado pela paciente com acompanhamento do responsável técnico do COTEC, foi aplicado o questionário para avaliar a experiência e analisar o protótipo a usabilidade, conforto e eficácia (Figura 112).

Figura 112 – Questionário

QUESTIONÁRIO

Nome LIVIA MARTINS RIBEIRO

Idade 27

Tipo de órtese/membro ROBOFOOT / MEMBRO INFERIOR ESQUERDO

Avalie os aspectos na sequencia:

- 1) A órtese te auxiliou com eficácia ao caminhar? Sim () Mais ou menos () Não
() Mais atrapalhou do que ajudou
- 2) Você teve dificuldade ao colocar a órtese? () Sim () Mais ou menos Não
- 3) Precisou de ajuda para colocar a órtese? () Sim Não
- 4) Se respondeu que sim em alguma das perguntas anteriores, explique qual foi a dificuldade em colocar a órtese:

- 5) A órtese é confortável? Sim () Mais ou menos () Não

- 6) Como a órtese poderia ser mais confortável?

- 7) A órtese causou dor? () Sim Não

- 8) Se você respondeu sim na resposta anterior, descreva a dor que sentiu e o local da dor:

9) A órtese resistiu ao uso sem apresentar sinais de quebra? Sim () Não

Por quanto tempo se testou a órtese? 1 HORA

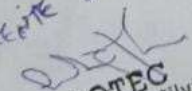
10) Se você respondeu não na resposta anterior, descreva os sinais de quebra e local onde a quebra se apresenta:

11) Qual a sua opinião sobre a estética da órtese? Bom () Regular () Ruim

12) O que você fará com a órtese quando não precisar mais dela?

OUTRA PESSOA PODERIA USAR, DEPENDENDO DA NECESSIDADE

13) Você teria alguma sugestão de como melhorar a órtese?

CLIENTE DO TESTE

 **COTEC**
Atevaldo J. Silva
Ortesista e Prótesista

CNPJ: 13.393.436/0001-30
I.E.: 209.283.406.110
MIGUES & SILVA APARELHOS
ORTOPÉDICOS LTDA-ME
Centro de Ortopedia Técnica-Bauru


O questionário foi lido de forma calma e explicado para a usuária e o técnico responsável em órteses. Ela respondeu tranquilamente e entregou o questionário respondido para o Mestrando.

As considerações do técnico quanto a testagem do protótipo da órtese foram voltadas principalmente à segurança, resistência e usabilidade. Foram apontadas as qualidades como a praticidade, ergonomia e resistência. O fato da substituição das hastes de alumínio por hastes de bambu foi considerado um fator positivo, já que o alumínio possui “memória” e ao ser forçado pode manter uma posição inadequada para um uso mais prolongado da órtese. Enquanto a haste de bambu, por mais que seja forçada para ambos os lados, mantém sua forma original independente do tempo de uso. A avaliação foi positiva também no teste de caminhada, agachamento e deslocamentos laterais, para frente e para trás, todos com aprovação de usabilidade e conforto. O interessante desta órtese é que este modelo é para uso temporário, e o usuário poderia devolver na unidade do SUS e outro usuário reutilizá-la.

Diante disso, o protótipo foi aprovado nos quesitos usabilidade, conforto e eficácia tanto pela usuária quanto pelo técnico responsável pelo COTEC.

8 - CUSTO DA PRODUÇÃO DO PROTÓTIPO

A proposta desta dissertação foi a produção de um protótipo de órtese suropodálica de custo inferior ao pago atualmente pelo SUS - R\$180,60 (cento e oitenta reais e sessenta centavos) (BRASIL 2008).

Diante disso, estão apresentados, os custos para realização do protótipo apresentado:

Quadro 7 – Custo na Produção do Molde e da Matriz

Item	Quantidade por molde	Unidade de compra	Valor de compra (R\$)	Valor gasto por molde (R\$)	Referência
Clay para modelagem	200 g	500 g	R\$ 42,22	R\$ 16,89	https://shopee.com.br/product/380003364/66314107?gclid=EAlaQobChMIUjfgKucgQMkpcChbUAnEAQYDyABEGKcpD_BwE
Borracha de silicone	3 kg	5 kg	R\$ 235,00	R\$ 141,00	https://www.spartanline.com.br/borracha-de-silicone-borracha-de-silicone-para-artesanal-e-moldes-azul-shore-95-8kg-100?source=nlv752&gclid=EAlaQobChMIHfH0LScgQMmCtBk3JgJgSEAQYBvYABEGKNUD_BwE
Vaselina em pasta	10 g	1 kg	R\$ 30,90	R\$ 0,31	https://www.lojabonificancas.com.br/produto/161094272our-vaselina-para-industrial-1kg-83?atm_source=google&shopping&utm_medium=shop&utm_content=15708&gclid=EAlaQobChMIwNqbtScgQMgRStBh09hQDKEAQYASABEGHjvD_BwE
Placa de Papelão	1 Placa 50x50cm	50 und.	R\$ 75,00	R\$ 1,50	https://www.lojabonificancas.com.br/placa-de-papelao-50x-50-mm-ondas-empilhadas-50-unidades?utm_source=site&utm_medium=GoogleMerchant&utm_campaign=GoogleMerchant&gclid=EAlaQobChMIH5s-8tScgQMwBDBhMwRQ2GQ2GjyABEGHjvD_BwE
Placa de Poliestireno de 0,1cm espessura	1 Placa 50x50cm	1 und.	R\$ 17,82	R\$ 17,82	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-273390115-placa-chapa-poliestireno-50cm-x-50cm-x-1mm-branco-_JM?matl_tool=97591216&matl_word=&matl_source=google&matl_campaign_id=430221579&matl_ad_group_id=50144483247&matl_mat_ch_type=&matl_network=&matl_device=&matl_creative=64944713807&matl_keywdrd&matl_ad_position=&matl_ad_type=pla_with_promotion&matl_merchant_id=604791197&matl_product_id=MLB273390115&matl_product_partition_id=9961060038453&matl_target_id=pla-196160038453&gclid=EAlaQobChMIwOmTbScgQMwVQhCB8BjgJgSEAQYBvYABEGKWF_D_BwE
Placa de Poliestireno de 0,2cm espessura	1 Placa 50x50cm	1 und.	R\$ 28,82	R\$ 28,82	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-273390889-placa-chapa-poliestireno-50cm-x-50cm-x-2mm-branco-_JM?matl_tool=97591216&matl_word=&matl_source=google&matl_campaign_id=430221579&matl_ad_group_id=50144483247&matl_mat_ch_type=&matl_network=&matl_device=&matl_creative=64944713807&matl_keywdrd&matl_ad_position=&matl_ad_type=pla_with_promotion&matl_merchant_id=604791197&matl_product_id=MLB273390889&matl_product_partition_id=9961060038453&matl_target_id=pla-196160038453&gclid=EAlaQobChMI8K2q2cQMwP9hCB8BjgJgEQAQYASABEGHjvD_BwE
Placa de Poliestireno de 0,4cm espessura	1 Placa 50x50cm	1 und.	R\$ 69,77	R\$ 69,77	https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-273390889-placa-chapa-poliestireno-50cm-x-50cm-x-4mm-branco-_JM?matl_tool=99828247&matl_word=&matl_source=google&matl_campaign_id=430221579&matl_ad_group_id=42750284833&matl_mat_ch_type=&matl_network=&matl_device=&matl_creative=6429696000&matl_keywdrd&matl_ad_position=&matl_ad_type=pla_with_promotion&matl_merchant_id=604791197&matl_product_id=MLB796274372&matl_product_partition_id=9961060038453&matl_target_id=pla-196160038453&gclid=EAlaQobChMI8pT57WegQMwVxChB1b1bwyEAQYAIABEGHjvD_BwE
Cola Instântanea	10 g	20 g	R\$ 8,26	R\$ 4,13	https://www.lojabonificancas.com.br/produto/78216727230AbaBvC-Instantaneo-75g-com-20g-e-Bico-Anti-Bolupimento-83?atm_source=google&shopping&utm_medium=shop&utm_content=78216723&gclid=EAlaQobChMIuNv7n7WegQMwVQY1Bh3u5A3YEAQYCIABEGHjvD_BwE
Cola de Contato	10 g	195 g	R\$ 32,88	R\$ 1,69	https://www.amazon.com.br/Instalato-Industrial-1003-45607ez-4007631gpi/0070N4M417?ref=asc_df_0070N4M417?pf_rd_p=20&linkCode=edf&hvadid=437969318046&hvposid=nhnetw&hvrand=9512505364840989718hvone=&hvpc=shvqmt=&hvdev=c&hvdevcid=&hvlocint=&hvlocphy=910069&hvtarget=pla-1032121572479&psc=1
TOTAL				R\$ 281,92	

Fonte: autor, 2023.

O custo total para realização do molde de silicone foi de R\$281,92 (duzentos e oitenta e um reais e noventa e dois centavos) (Quadro 7), considerando que o molde de silicone dura em média 8 anos (GRUPO FANTASY, 2017), abaixo colocamos uma aproximação para valor do rateio realizado em cada órtese, considerando que seriam feitas 10 órteses por mês ao longo de 8 anos. O tempo para fabricação de uma órtese

Considerando que a mão de obra o SUS já possui e a realização do protótipo não demandou nenhum equipamento específico a ser adquirido, não há nenhum outro custo a ser acrescentado.

O tecido e as cintas de velcro já são produzidas pelo SUS e não há custo extra para adquirir estes materiais.

Uma segunda observação também caberia aqui, que, este tipo de órtese é de uso temporário, e por se tratar de modelo universal poderia ser devolvido após o uso e reutilizado por outra pessoa, o que reduziria ainda mais o custo de produção.

Diante dos custos apresentados para a produção do protótipo R\$ 31,52 (trinta e um reais e cinquenta e dois centavos) em comparação ao valor da órtese utilizada pelo SUS, houve uma redução de aproximadamente 82,3% do valor de produção. Além disso, foram implementados materiais biodegradáveis que trazem benefícios ao meio ambiente.

9 - CONCLUSÃO

Diante de todo o apresentado é possível concluir que o protótipo da órtese suropodálica foi realizado com sucesso por meio de um molde de borracha de silicone, utilizando como matéria prima principal resina poliéster e bambu. O protótipo foi testado por uma paciente voluntária e acompanhado por um responsável técnico em órteses onde foram avaliados usabilidade, resistência, conforto, e eficácia, demonstrando satisfatória eficiência em todos os quesitos. O custo para a produção do protótipo foi de R\$ 31,52 (trinta e um reais e cinquenta e dois centavos), em comparação ao valor da órtese utilizada pelo SUS, houve uma redução de aproximadamente 82,3% do valor de produção.

É possível concluir que os objetivos propostos nesta dissertação foram alcançados com êxito, sendo que novos estudos sobre outros materiais seriam necessários para a substituição integral por materiais biodegradáveis. A dificuldade desse projeto foi encontrar uma resina de catálise rápida que atendesse os requisitos necessários para a produção do protótipo e ao mesmo tempo sendo completamente inofensiva em danos ao meio ambiente. Ainda assim, em comparativo com uma órtese tradicional de produção industrial, o modelo desse projeto oferece menos agressão ao meio ambiente devido a substituição de alguns itens sendo produzidos com matéria prima natural como o bambu.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, J. et al. **Introdução à Ergonomia**: da prática à teoria. Blucher. 2009.

AGENCIA BRASIL, **No Brasil, tecnologia de foguetes é usada em órteses e próteses**, 2021. Disponível em:

<<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-08/no-brasil-tecnologia-de-foguetes-e-usada-em-orteses-e-proteses>> Acesso em: 05 mai. 2022.

AGNELLI, L. B.; TOYODA, C. Y. Estudo de materiais para confecção de órteses e sua utilização prática por terapeutas ocupacionais no Brasil. **Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar**, São Carlos, v. 11, n. 2, p. 83-94, 2003.

AMAZON. **Bota Imobilizadora Curta**. Disponível em:

https://www.amazon.com.br/%20%20Imobilizadora-Curta-Exofoot-Cinza-Kestal/dp/B09R28SQPD/ref=asc_df_B09R28SQPD/?tag=googleshopp06%20-20&
Acesso em: 20 set. 2023.

AMAZON. **Órtese Estabilizadora Joelho e Tornozelo**. Disponível em:

<https://www.amazon.com.br/Tornozelo-Joelheira-Caminhada-Estabiliza%C3%A7%C3%A3o-Recupera%C3%A7%C3%A3o/dp/B0BGL5DN8V>.
Acesso em: 20 set. 2023.

ANATOMIA DO PÉ: tudo que você precisa saber sobre esta região. **Blog fisioterapia**, 2018. Disponível em: <https://blogfisioterapia.com.br/anatomia-do-pe/>. Acesso em: 29 mar. 2023.

ARCE, R. P; FOGGIATTO, J. A. **Modelagem de Órteses para Fabricação por Manufatura Aditiva**. 9º Congresso Brasileiro de Engenharia de Fabricação Joinville, Santa Catarina, Brasil, 2017, Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/319995623_MODELAGEM_DE_ORTESES_PARA_FABRICACAO_POR_MANUFATURA_ADITIVA. Acesso em: 15 ago. 2023.

AREAE. **Tipos mais comuns de massas para escultura**. Disponível em: <https://www.areae.com.br/blog/4-tipos-mais-comuns-de-massas-para-escultura-conheca-as-suas-caracteristicas/>. Acesso em: 10 ago. 2023.

AUDITORIO IBIRAPUERA. **Qual o tamanho do pé para cada altura?** Disponível em: <https://www.auditorioibirapuera.com.br/qual-o-tamanho-do-pe-para-cada-altura/>. Acesso em: 8 set. 2023.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 out. 1988. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.html. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. **Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência**. Comitê de Ajudas Técnicas Tecnologia Assistiva. Brasília: CORDE, 2009.

BRASIL. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República. Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. **Viver sem Limite - Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência**. Brasília, 2013.

BRASIL. DECRETO Nº 5.975 DE 30 DE NOVEMBRO DE 2006. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF. Disponível em:
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/decreto/d5975.htm.
Acesso em: 29 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 2848 de 6 de novembro de 2007. Aprova a Tabela de Procedimentos, Medicamentos, Órteses, Próteses e Materiais Especiais - OPM do Sistema Único de Saúde - SUS. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 6 de novembro de 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº 2.297, de 10 de outubro de 2008. Altera os valores de remuneração da Tabela de Procedimentos, Medicamentos, Órteses, Próteses e Materiais Especiais do Sistema Único de Saúde. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2008/prt2297_10_10_2008.html.
Acesso em: 23 fev. 2023.

BRASIL. Decreto nº 7612, de 17 de novembro de 2011. Institui o Plano Nacional dos Direitos da Pessoa com Deficiência - Plano Viver sem Limite. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 nov. 2011. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/decreto/d7612.html.
Acesso em: 29 jul. 2022.

BRASIL, LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm.
Acesso em: 29 jul. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 2109 de 21 de setembro de 2012. Estabelece recurso a ser incorporado ao Limite Financeiro Anual de Média e Alta Complexidade dos Estados, Distrito Federal e Municípios. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 set. 2012. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2012/prt2109_21_09_2012.html.
Acesso em: 01 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Técnico em órteses e Próteses**. Brasília-DF 2014. Disponível em:
https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/tecnico_orteses_protases_livro_texto.pdf.
f. Acesso em: 15 jun. 2022.

BRASIL. Lei nº 13.146, **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF de 06 de julho de 2015. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm. Acesso em: 19 mai. 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia para prescrição, concessão, adaptação, e manutenção de órteses, próteses e meios auxiliares de locomoção**, 2019.

Disponível em:

https://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_manutencao_orteses_proteses_auxiliares_locomocao.pdf. Acesso em: 20 fev. 2023

BRASIL. Ministério da Saúde. **SUS oferece gratuitamente órteses e próteses sob medida**, 2020 Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/2020/outubro/sus-oferece-gratuitamente-orteses-e-proteses-sob-medida>. Acesso em: 15 mai. 2022.

BRUHMULLER, J. et al. **Universidade Sociedade Educacional de Santa Catarina - UNISOCIESC Campus Jaraguá do Sul** membros superiores para pacientes pós avc Jaraguá do Sul. [s.l: s.n.]. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/21278/1/Reprodu%c3%a7%c3%a3o%20de%20%20c3%b3rtese%20de%20baixo%20custo%20de%20membros%20superiores%20para%20pacientes%20p%20c3%b3s%20AVC%20-%20Yasmini%20e%20Joyce.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2023.

BOLZAN, L. MARTINEZ, A. **Desenvolvimento no Brasil de termoplásticos de baixa temperatura para órteses**. 2018. Tese (Doutorado em Bioengenharia) - Bioengenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.
doi:10.11606/T.82.2018.tde-23112021-101706.

BOZANO, S.; OLIVEIRA, R de. **Ergonomia dos calçados**: os pés pedem conforto. n. 9. p. 5. Brusque, 2011.

CAILLIET, R. **Síndromes Dolorosas**: Pé e Tornozelo. Tradutor: Eugenia Deheinjelin. São Paulo: Manole, 1989.

CAILLIET, R. **Dor no Pé e no Tornozelo**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

CALAI-GERMAIN B. **Anatomia para o movimento**: Introdução à análise das técnicas corporais. v. 1. Tradutores: Paulo Laino Cândido e Fábio César Prosdócimi. São Paulo: Manole, 2002.

CAMPOS, C. M. B. F. et al. Órteses de EVA no tratamento para pé torto congênito em recém-nascidos. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, v. 27, n. 4, p. 703–709, out. 2019.

CARBONARI, G., JUNIOR, N. S., PEDROSA, N. H., ABE, C. H., SCHOLTZ, M. F., ACOSTA, C. C. V. (2017). **Bambu–O aço vegetal**. *Mix Sustentável*, 3(1), 17-25.

CARVALHO, José André. **Órteses um recurso terapêutico complementar**. 2. ed. Barueri: Manole, 2013.

CASA ORTOPÉDICA. **Detalhamento de órteses**. Disponível em: <https://www.casaortopedicarj.com.br/calha-90o-ortese-tornozelo-pe-afo/orteses-detalhes/44>. Acesso em: 10 ago. 2023.

CASTRO, A.; TIBÚRCIO, A.; PIRES, N. **Relatório de Estágio Resina poliéster: caracterização e estudo das condições de cura e propriedades mecânicas**. [2003]. s.n.]. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/105241/Alessandro_Castro1.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 08 ago. 2023.

CHOKLAT, A. **Design de Sapatos**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.

CORRÊA, V. M. **Ergonomia: fundamentos e aplicações**. Bookman. 2015. p. 24-38.

COSTA, C. S. R.; FREITAS JÚNIOR, I. F. **Perímetros corporais**. In: FREITAS JÚNIOR, I. et al. **Padronização de técnicas antropométricas**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p. 31-37

CRUZ, D. M. C. **Terapia Ocupacional e deficiência física: CIF e Educação Especial**. In: COSTA, et al. **Aspectos da Educação Especial: um olhar multidisciplinar**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2011. p. 15-36.

DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar**. Rio de Janeiro: Atheneu, 2007

DANTAS, V. A. **Avaliação do comportamento mecânico através de caracterização experimental e computacional do ácido polilático (pla) em dois diferentes modelos de órteses ortopédicas**. 2019 Tese de Mestrado. Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Programa de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais.

DATASUS, Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS. Disponível em: <http://www.datasus.gov.br> Acesso em: 3 jun. 2023

DILLMAN, D. A. **Mail and telephone surveys: The total design method**. Wiley-Interscience: New York, 1978.

DOCTOR SHOES, **Você sabe quais são os tipos de palmilhas ortopédicas disponíveis?** Disponível em: <https://doctorshoes.com.br/blog/calçados/voce-sabe-quais-sao-os-tipos-de-palmilhas-ortopedicas-disponiveis/>, 2017. Acesso em: 05 ago. 2023.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo: Edgar Bluscher.

3.ed. 2017.

FARRELY, D. **The Book of Bamboo**. Sierra Club Books, São Francisco, 1984, 202p.

FERRARI, A. L.; SANTOS A. D.D P.; MEDOLA, F. **Tecnologias de manufatura aditiva aplicadas à produção de órteses**. Revista Tecnologia e Sociedade. V. 15, 2019. Disponível em: <10.3895/rts.v15n38.8335 >

FERREIRA, M. C. R. et al. **Confecção de órtese tornozelo-pé (afo) utilizando materiais de baixo custo: um relato de experiência**. CONEXÃO UNIFAMETRO 2022. XVIII SEMANA ACADÊMICA. Disponível em: artigo-d9f76da2659917a05f5df78366147edf68c2ef19-segundo_arquivo.pdf (doity.com.br). Acesso em: 10 jun. 2023.

GOMES FILHO, J. **Ergonomia do objeto: sistema técnico de leitura ergonômica**. São Paulo: Escrituras Editora, 2010.

GHAVAMI, K.; HOMBEECK, R.V. **Application of bamboo as a construction material**. Part I- Mechanical properties & water - repellent treatment of bamboo, Part II- Bamboo reinforced concrete beams. In: Latin American Symposium on Rational Organization of Building Applied to Low Cost Housing, 1981, São Paulo. Proceedings. São Paulo: IPT/CIB, 1981. p. 49-66, v.1.

GHAVAMI K, MARINHO AB. **Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia**. Rev bras eng agríc ambient [Internet]. 2005Jan;9(1):107–14. Available from: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662005000100016>

GRADIM, L. C. C.; PAIVA, G. Modelos de órteses para membros superiores: uma revisão da literatura. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional [online]**. 2018, v. 26, n. 02, pp. 479-488. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/2526-8910.ctoAR1174>. Acesso em: 18 jun. 2022.

GRÜDTNER, A. Intervenção fisioterapêutica no pós-operatório de tenorrafia do tendão extensor longo do hálux. Relato de caso. **Revista Digital - Buenos Aires - Año 13 - N° 120 - Mayo de 2008**. Disponível em: <https://efdeportes.com/efd120/tenorrafia-do-tendao-extensor-longo-do-halux.htm>. Acesso em: 29 mar. 2023.

GRUPO FANTASY. **Dúvidas como usar moldes de silicone?** | Grupo Fantasy. Disponível em: <<https://grupofantasy.commercesuite.com.br/loja/noticia.php?loja=443709&id=6#:~:text=O%20silicone%20%C3%A9%20um%20material>>. Acesso em: 9 set. 2023.

GUIEL, A. V.; BERWANGER, E. G.; QUEIROZ, J. L.; SCHMIDT, M. R.; HAISSER, M. **Dossiê técnico: desenvolvimento do produto em calçados.** Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br/dossietecnico/downloadsDT/OA==>. Acesso em: 11 de ago. 2023.

GUIMARÃES, B. M. de. **Inclusão laboral da pessoa com deficiência: proposta de ferramentas para identificação da capacidade funcional, das exigências da tarefa e do desempenho.** 2015. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Programa de Pós-Graduação em Design, 2015.

GÜNTER, H. **Como elaborar um questionário**, Série: Planejamento de Pesquisa nas Ciências Sociais, 1(2003). Brasília, DF: UnB, Laboratório de Psicologia Ambiental. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~wainer/cursos/2s2006/epistemico/01Questionario.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.

HENSEN, J. C. **Desenvolvimento de um procedimento para a fabricação de órteses não articuladas de tornozelo e pé por manufatura aditiva.** 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4305/1/CT_PPGEM_M_Hensen%2c%20J%c3%a9ssica%20Cristina%20Dias%20dos%20Santos%20Forte_2019.pdf. Acesso em: 22 ago. 2022.

ICBO. **Ac 162: acceptance criteria for structural bamboo.** California: ICBO Evaluation Service, 2000.

INBAR. The International Network on Bamboo and Rattan. **International model building code for bamboo.** Jan. 1999.

INDAVIDAS. **Bota imobilizadora curta kendal.** Disponível em: <https://indavidas.com.br/produto/bota-imobilizadora-curta-kestal/>. Acesso em 10 jun. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Brasileiro de 2010.** Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

KAPANDJ, A. T. **Fisiologia Articular: membro inferior.** v. 2. 5. ed. São Paulo: Maloine, 2000.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN E. **Manual de Ergonomia.** 2007. 5.ed.

LECTURIO. **Articulação do Tornozelo** | Concise Medical Knowledge. 2023. Disponível em: <<https://www.lecturio.com/pt/concepts/articulacao-do-tornozelo/>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

LINDEMAYER, C. K. **Estudo e avaliação de termoplásticos utilizados na confecção de órteses.** 2004. 68 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) - Universidade do Vale do Paraíba, Vale do Paraíba, 2004.

LÖBACH, B. **Design industrial:** bases para a configuração dos produtos industriais. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOIOLA, F. D.; ROBERTO DA SILVA, E. **Otimização de órtese de membros inferiores para utilização no acometimento de pé caído.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/FRIEDRICH%20DUTRA%20LOIOLA.pdf>. Acesso em: 3 abr. 2023.

MACHADO, et al. **Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems.** *Global change biology*, v. 24, n. 4, p. 1405-1416, 2018.

MARÇAL, V. H. S. **Uso do Bambu na construção civil.** Brasília: Universidade de Brasília, 2008.

MELLATI, J. Ossos do Pé. **Info Escola**, Florianópolis, mês?. 2014. Seção Corpo Humano. Disponível em: <https://www.infoescola.com/corpo-humano/ossos-do-pe/>. Acesso em: 9 mar. 2023.

MOCARZEL, et al. **Conscientização sobre uso de canudos plásticos:** projeto interdisciplinar sobre polímeros no Unilasalle - RJ. *Conhecimento & Diversidade*, v. 11, n. 25, p. 11 -27, 2019.

MORGADO, J.C. **O Estudo de Caso na Investigação em Educação.** 4.a ed. Repositório Um, De Facto Editores, 2013.

MORIMOTO, S. Y. U., CABRAL, A. K. P. S., SANGUINETTI, D. C. M., FREITAS, E. S. R., MERINO, G. S. A. D., COSTA, J. Â. P., COELHO, W. K., & AMARAL, D. S. **Órteses e próteses de membro superior impressas em 3D:** uma revisão integrativa. *Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional*, 2021. V. 29. <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAO2078>.

NORKIN, C, LEVANGIE, P. **Joint structure and function:** a comprehensive analysis. 2nd. ed. Philadelphia: F. A. Davis, 1992.

NUNES GIRACCA, C.; MERINO, E. (2021). **Construção de Órteses em Fibra de Carbono de Baixo Custo.** *Plural Design*. V. 2, 2021 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350571153_CONSTRUCAO_DE_ORTESE_S_EM_FIBRA_DE_CARBONO_DE_BAIIXO_CUSTO. Acesso em: 01 ago. 2023.

ONU, 2018. **No Dia do Meio Ambiente, ONU promove atividades para combater a poluição plástica.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/80140-no-dia-do-meio-ambiente-onu-promove-atividades-para-combater-polui%C3%A7%C3%A3o-pl%C3%A1stica#:~:text=a%20polui%C3%A7%C3%A3o%20pl%C3%A1stica-,No%20Dia%20do%20Meio%20Ambiente%2C%20ONU%20promove,para%20comb>

ater%20a%20polui%C3%A7%C3%A3o%20pl%C3%A1stica&text=Desde%20que%20foi%20institu%C3%ADdo%2C%20em,sobre%20a%20prote%C3%A7%C3%A3o%20da%20natureza. Acesso em: 28 jul. 2023.

PARESQUE, P.; HUMANA, C. **Sistema esquelético**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://citogenetica.ufes.br/sites/nupea.saomateus.ufes.br/files/field/anexo/sistema%20esqueletico%20-%20aula%202.pdf>. Acesso em 20 jul. 2023.

PIMENTEL, D. C; da S.; SILVA, J. G. G. C da.; FERRO, T. N. de L.; ALVES, A. S. Desenvolvimento de uma órtese personalizada de baixo custo para facilitar a marcha em pacientes com espasticidade adutora do quadril. **Investigação, Sociedade e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. e55111831292, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.31292. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31292>. Acesso em: 3 abr. 2023.

POIER, P. H. **Modelo de referência para o desenvolvimento de órteses por manufatura aditiva de baixo custo**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

PÉS SEM DOR. **Produtos utilizados pelos brasileiros para seus pés**. Disponível em: <https://www.pessemdor.com.br/pesquisas/os-pes-brasileiros/produtos-utilizados-pelos-brasileiros-para-seus-pes/#:~:text=Questionamos%20os%20entrevistados%20sobre%20a>. Acesso em: 8 set. 2023.

ROSENMANN, G. C. **Avaliação de sistemas de digitalização 3D de baixo custo aplicados ao desenvolvimento de órteses por manufatura aditiva**. 2017. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

ROSSI, L.; CARUSO, L.; GALANTE, A. P. **Avaliação nutricional: novas perspectivas**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2015.

REIS, P.F.; Birnfeldt, A.K.; Osman, B.H.S. **Aspectos antropométricos do pé e sua influência na ergonomia do calçado feminino**. Congresso Internacional de Antropometria Aplicada. Disponível em: 7504.pdf (br.s3-sa-east-1.amazonaws.com). Acesso em 11 ago. 2023.

SALAME, M. Barrier polymers. In: BAKER, M. **The Wiley encyclopedia of packaging technology**. New York, USA: Wiley, 1986. p. 48 -54.

SÃO PAULO. Lei Estadual nº 9.938 de 17 de abril de 1998. Dispõe sobre os direitos da pessoa portadora de deficiência. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/1998/lei-9938-17.04.1998.html#:~:text=I%20%2D%20a%20cria%C3%A7%C3%A3o%20de%20meios,bens%20e%20servi%C3%A7os%20em%20geral>. Acesso em: 12 jul. 2022.

SANTOS, M. R. S; PADILHA, R. C., TREICHEL, T. L. E. **Impressão 3D no desenvolvimento de prototipagem de órteses**. Anais do IX Seminário Regional de Extensão Universitária da Região Centro Oeste, 2019.

SANTOS, M. A. R; TOKIMATSU, R. C. **Produção de órteses personalizadas com baixo custo através das tecnologias engenharia reversa e manufatura aditiva**. 13º Congresso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica Lisboa, Portugal, 23-26 de Outubro de 2017.

SASTRY, C. B. Timber for the 21st Century. Online. Inbar, 1999, disponível em .Tabela 1. **Valores médios da resistência à compressão das espécies ensaiadas**

SERCEL. **Resina poliéster: tudo o que você precisa saber**. Disponível em: <http://www.sercel.com.br/blog/resina-poliester.html>. Acesso em: 8 set. 2023.

SILVA, G. G; MATTOZO, T. R; MERINO, E. A. D; BATISTA, V. J. **Análise Ergonômica do Posto de Trabalho de uma Oficina de Órteses e Próteses para Reabilitação de Pessoas com Deficiência**. DAPesquisa, v. 9, n. 12, p. 01-19, 2014.

SCHMIDT, Mauri Rubem. **Modelagem técnica de calçados**. 2ªed. Porto Alegre: Centro Tecnológico do Calçado SENAI, 1995, p.398.

SOARES, L. Órteses e próteses: qual a diferença e tipos disponíveis? **Guia quatro rodas**, 2020. Disponível em: <https://guiaderodas.com/orteses-e-proteses-qual-a-diferenca-e-tipos-disponiveis/#:~:text=%C3%93rteses%20s%C3%A3o%20aparelhos%20de%20uso,a cidentes%20ou%20problemas%20de%20sa%C3%BAde>. Acesso em: 16 jul. 2022.

Sversut A.C. et al. **Processo de fabricação órtese**. Revista Engenharia em Ação UniToledo, Araçatuba, SP, v. 02, n. 02, p. 144-154, set./dez. 2017.

VIDAL, M.S. **Introdução à Ergonomia**. Ceserg. Rio de Janeiro. s/ano. Disponível em: <http://www.ergonomia.ufpr.br/Introducao%20a%20Ergonomia%20Vidal%20CESERG.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2023

WEIGERT, M. C. **Método de desenvolvimento de órtese personalizada de baixo custo para a manufatura aditiva**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

WHITING, W. C.; ZERNICKE, R. F. **Biomecânica da Lesão Musculoesquelética**. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2001.

ZORZETTO, N. L. **Curso de Anatomia Humana**. 7. ed. Bauru, SP: Jalovi. 1999.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO

Nome _____

Idade _____

Tipo de órtese/membro _____

Avalie os aspectos na sequencia:

- 1) A órtese te auxiliou com eficácia ao caminhar? () Sim () Mais ou menos () Não
() Mais atrapalhou do que ajudou
- 2) Você teve dificuldade ao colocar a órtese? () Sim () Mais ou menos () Não
- 3) Precisou de ajuda para colocar a órtese? () Sim () Não
- 4) Se respondeu que sim em alguma das perguntas anteriores, explique qual foi a dificuldade em colocar a órtese:

- 5) A órtese é confortável? () Sim () Mais ou menos () Não
- 6) Como a órtese poderia ser mais confortável?

7) A órtese causou dor? () Sim () Não

8) Se você respondeu sim na resposta anterior, descreva a dor que sentiu e o local da dor:

9) A órtese resistiu ao uso sem apresentar sinais de quebra? () Sim () Não

Por quanto tempo se testou a órtese? _____

10) Se você respondeu não na resposta anterior, descreva os sinais de quebra e local onde a quebra se apresenta:

11) Qual a sua opinião sobre a estética da órtese? () Bom () Regular () Ruim

12) O que você fará com a órtese quando não precisar mais dela?

13) Você teria alguma sugestão de como melhorar a órtese?

APÊNDICE B

Aprovação do Projeto pelo Comitê de Ética em Pesquisa

Título da Pesquisa: REDUÇÃO DO CUSTO NA PRODUÇÃO DE ÓRTESE DE MEMBROS INFERIORES PARA MAIOR ACESSIBILIDADE

Pesquisador Responsável: PAULO ROBERTO BOLDARINI REGINI

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 63151922.4.0000.5431

Submetido em: 28/11/2022

Instituição Proponente: INSTITUTO SANTA TERESA

Situação da Versão do Projeto: Aprovado

Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio