



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**ANTÔNIO ÍTALO NEVES DA SILVA**

**PROPOSTA DE MÉTODO PARA A CONCEPÇÃO E FABRICAÇÃO DE  
PRODUTOS PARA TECNOLOGIA ASSISTIVA COM ESTUDO DE CASO  
DIRECIONADO A ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA**

**FORTALEZA**

**2017**

**ANTÔNIO ÍTALO NEVES DA SILVA**

**PROPOSTA DE MÉTODO PARA A CONCEPÇÃO E FABRICAÇÃO DE  
PRODUTOS PARA TECNOLOGIA ASSISTIVA COM ESTUDO DE CASO  
DIRECIONADO A ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Soares Júnior

**FORTALEZA**

**2017**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S578p Silva, Antônio Ítalo Neves da.  
Proposta de método para a concepção e fabricação de produtos para tecnologia assistiva com estudo de caso direcionado a esclerose lateral amiotrófica / Antônio Ítalo Neves da Silva. – 2017.  
95 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Prof. Dr. Luiz Soares Júnior.
1. Tecnologia Assistiva. 2. Manufatura Digital. 3. Esclerose Lateral Amiotrófica. 4. Impressão 3D. I.  
Título.

CDD 620.1

---

**ANTÔNIO ÍTALO NEVES DA SILVA**

**PROPOSTA DE MÉTODO PARA A CONCEPÇÃO E FABRICAÇÃO DE  
PRODUTOS PARA TECNOLOGIA ASSISTIVA PERSONALIZADOS COM  
ESTUDO DE CASO DIRECIONADO A ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Luiz Soares Júnior (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. José Belo Torres  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha mãe Elsa, que sempre foi o alicerce para as minhas conquistas, e continua sendo.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar e me dar forças para alcançar todos os meus objetivos.

À minha família, principalmente minha mãe Elsa Neves, meus tios e tias, pela compreensão, pelo apoio incondicional e pela torcida de sempre.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Luiz Soares, pelo suporte e incentivo, pela atenção e amizade e por me ajudar a alcançar o título de Engenheiro Mecânico.

A todos os professores da Universidade Federal do Ceará, principalmente os do Departamento de Engenharia Mecânica, por seus ensinamentos transmitidos durante todo o curso.

Aos colegas de faculdade que conheci durante toda essa jornada, pelos grupos de estudos, pelo apoio, pelos ensinamentos e pelas orientações sobre a carreira profissional.

A todos os membros do laboratório ENGESOLDA, por todo o conhecimento prático aprendido, pelas oportunidades e amizades, especialmente ao Everton e Marcela.

A todos os membros e ex-membros da Equipe Siará de Baja, principalmente Ítallo Sampaio pelo companheirismo.

Ao CNPq, pela bolsa de estudos ofertada, através do Programa Ciência sem Fronteiras, me dando a oportunidade de estudar em uma universidade francesa.

A todas as pessoas que me deram suporte na Alemanha, especialmente a Giulia Zanin, Wesley Nascimento e a todo o grupo que trabalhei no Centro Helmholtz Geestacht.

A todos os estudantes que conheci na França, principalmente Thiago Silveira, Ouissem e Amadou, pela amizade, pelas viagens e pelo apoio nos momentos difíceis.

A toda equipe da ArcelorMittal France que tive o prazer de trabalhar, em especial a Sr. Tanturier, Sr. Marie e ao Brisse, pela força, atenção e amizade.

Aos amigos Fernando Rodrigues, Diego Ramsés, Victor Cavalcante e Saulo Pinheiro, pelos trabalhos em equipe, pelas madrugadas em claro, pelas dúvidas tiradas, pelo apoio, pelas risadas e pela amizade que ultrapassou os muros da universidade e que levarei para toda a vida.

À Marcela Alencar pelo apoio nos momentos finais e sempre tão difíceis e principalmente por ser meu porto seguro.

A todos os meus amigos, que sempre estiveram ao meu lado me incentivando e me animando quando o caminho parecia difícil demais.

Mudamos o mundo todos os dias, mas para mudar o mundo de um jeito significativo leva muito mais tempo do que as pessoas têm. Nunca acontece ao mesmo tempo. É devagar. É metódico. É exaustivo. Nem todos têm o estômago para isso. (Mr Robot, 2015.)

## RESUMO

A população de idosos com 60 anos ou mais no Ceará aumentou 61% em dez anos, e, segundo os dados do Censo 2010, o contingente etário no Ceará está em 1.063 milhão (aqui é ponto ou virgula?) de pessoas. Com o envelhecimento da população cearense vem aumentando de maneira relevante o número de portadores de doenças crônicas e incapacitantes. Segundo a PNS (Pesquisa Nacional de Saúde), 40% da população adulta brasileira, o equivalente a 57,4 milhões de pessoas, possui pelo menos uma doença crônica não transmissível. Nesse contexto, o Programa de Assistência Domiciliar do Hospital Geral Waldemar de Alcântara trabalha exatamente com este público e integrou em alguns projetos uma equipe de desenvolvimento que tinha como objetivo unir os conhecimentos de projetos mecânicos, de produto, ergonomia e biomecânicos aos já utilizados conhecimentos clínicos e proporcionar, assim, soluções personalizadas e uma melhor qualidade de vida aos pacientes atendidos pelo programa. Com o objetivo de maximizar essa integração, foi proposta uma metodologia que sintetizasse todos esses conhecimentos envolvidos. Este trabalho aborda a metodologia proposta para o desenvolvimento dos produtos através desta parceria e expõe um estudo de caso em um paciente vitimado de Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA). O paciente foco do estudo sofre com a doença há quase cinco anos e perdeu a capacidade de sustentação da cabeça devido à perda progressiva da força muscular que a doença proporciona. O método proposto para a concepção do produto ao qual o estudo de caso trata tem como objetivo criar uma adaptação para a retirada da força peso da cabeça exercida na musculatura do pescoço, possibilitando os movimentos circulares laterais. Para validação, avaliou-se a capacidade de concepção do método proposto desde as análises, até os processos avaliativos do produto. No estudo de caso os resultados obtidos mostram que a troca do aparato antigo pela solução proposta é não só tecnicamente viável, como necessária, dadas as análises. O uso do novo produto trouxe uma melhoria na satisfação com o produto de 180% a mais que a adaptação anterior e de 193% em relação a sua utilização, sendo assim, melhor aceita pelo usuário.

**PALAVRAS-CHAVES:** Tecnologia Assistiva, Manufatura Digital, Esclerose Lateral Amiotrófica, Impressão 3D.

## ABSTRACT

The population of the elderly aged 60 years or more in Ceará increased by 61% in ten years, according to data from the 2010 Census, the age group is 1,063 million people. With the aging of the population of Ceará, the number of people with chronic and disabling diseases has increased significantly. According to the PNS (National Health Survey), 40% of the Brazilian adult population, equivalent to 57.4 million people, has at least one non-transmissible conical disease. The Home Care Program of Waldemar de Alcântara General Hospital works closely with this public and has integrated in some projects a development team whose objective was to unite the knowledge of mechanical, product, ergonomics and biomechanical designs to the already used clinical knowledge and to provide, Thus, personalized solutions and a better quality of life for the patients served by the program. In order to maximize this integration, a methodology was proposed that synthesized all the knowledge involved. This paper approaches the methodology proposed for the development of the products through this partnership and presents a case study in a patient suffering from Amyotrophic Lateral Sclerosis (ALS). The patient's focus has been suffering from the disease for almost five years and has lost the ability to support the head due to the progressive loss of muscular strength that the disease provides. The proposed method for the design of the product to which the case study deals aims to create an adaptation for the removal of the weight of the head exerted on the neck muscles, making possible the lateral circular movements. For validation, we evaluated the design capacity of the proposed method from the analyzes, to the evaluation processes of the product. In the case study the obtained results show that the exchange of the old apparatus by the proposed solution is not only technically feasible, but also necessary, given the analyzes. The use of the new product brought an improvement in product satisfaction of 180% more than the previous adaptation of 193% in relation to its use and is therefore better accepted by the user.

**KEYWORDS:** Assistive Technology, Digital Manufacturing, Amyotrophic Lateral Sclerosis, 3D Printing.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Adaptação de mão para escrita.....	5
Figura 2. Complexos do modelo de planejamento 0 + 5 + X.....	16
Figura 3. Manufatura digital na integra a fábrica virtual e a fábrica real.....	23
Figura 4. Manufatura digital na integra a fábrica virtual e a fábrica real .....	25
Figura 5. Desenvolvimento contínuo do produto, da fábrica e do plano de processos .....	26
Figura 6. Método Munari .....	29
Figura 7. Método Pahl e Beitz .....	30
Figura 8. Método Baxter.....	31
Figura 9 Método Löbach .....	32
Figura 10. Fluxograma do ciclo de concepção de produto.....	38
Figura 11. Amostragem clinica dos pontos chaves da doença .....	40
Figura 12. Análise estática das forças cisalhantes e momento fletor no pescoço .....	46
Figura 13. Análise estática das forças cisalhantes e momento fletor no pescoço .....	49
Figura 14. Análise dos 5 porquês .....	50
Figura 15. Conceito Escolhido .....	55
Figura 16. Ficha Técnica Design.....	59
Figura 17. Modelo em CAD .....	60
Figura 18. Adaptação final sendo utilizada pela paciente .....	61
Figura 19. Modelo de Posição de Conforto Máximo .....	62
Figura 20. Ponto de flexão na cervical .....	63
Figura 21. Pontos de compressão e tração cervicais .....	64
Figura 22. Dados para Cálculo do NIJ .....	65
Figura 23. Adaptação Antiga.....	66
Figura 24. Solução Proposta.....	67
Figura 25. Iteração I.....	67

Figura 26. Escala de Satisfação .....	68
Figura 27. Escala de Utilidade.....	69
Figura 28. Escala de Ruídos .....	69
Figura 29. Escala de Aparência .....	70
Figura 30. Escala de Saúde do Membro Exposto a Adaptação .....	71
Figura 31. Angulações da Adaptação e cadeira.....	72
Figura 32. Solução para as forças estáticas aplicadas a região cervical .....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Sistema de classificação de recursos e serviços de TA. ....	8
Tabela 2. Atividades de Planejamento de um Processo. ....	13
Tabela 3. Complexo 1 – Definição do Projeto. ....	17
Tabela 4. Complexo 2 – Desenvolvimento do Projeto. ....	19
Tabela 5. Complexo 3 – Implementação do Projeto. ....	21
Tabela 6. GEM de planejamento integrado do produto e do processo. ....	26
Tabela 7. Método Dinâmico de Concepção de Produtos. ....	36
Tabela 8. Classificação das necessidades – Análise qualitativa. ....	41
Tabela 9. Classificação das necessidades – Matriz de Prioridades. ....	42
Tabela 10. Análises do Problema – Método de decomposição por função. ....	44
Tabela 11. Análises do Problema – Análise Ergonômica. ....	45
Tabela 12. Análises do Problema – Análise Biomecânica. ....	46
Tabela 13. Análises do Problema – Análise Materiais e Processos. ....	47
Tabela 14. Análise SMART. ....	51
Tabela 15. Análise 5W2H. ....	52
Tabela 16. Ficha Técnica de Componentes do Protótipo. ....	55
Tabela 17. Ficha Técnica de Processos de Fabricação do Protótipo. ....	57
Tabela 18. PEQ adaptado. ....	72

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TA	Tecnologia Assistiva
PAD	Programa de Assistência Domiciliar
ELA	Esclerose Lateral Amiotrófica
GEM	Engenharia Integrada a Manufatura
ABRELA	Associação Brasileira de Esclerose Lateral Amiotrófica
APAE	Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais
NMS	Neurônio Motor Superior
NMI	Neurônio Motor Inferior
CAT	Comitê de Ajudas Técnicas
PEQ	Questionário de Avaliação Protética
HGWA	Hospital Geral Waldemar de Alcântara
PDCA	Plan Do Check Act
DMAIC	Define Measure Analyze Improve Control
CNC	Comando Numérico Computadorizado

## LISTA DE SÍMBOLOS

CS	Coeficiente de segurança
Fz	Força no ponto de transição entre o pescoço e cabeça
Fzc	Força Crítica
MOCy	Momento Total
Myc	Momento Crítico
NIJ	Índice de Probabilidade de Lesão por Tensão Aplicada ao Pescoço

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Justificativa.....	2
1.2	Objetivos .....	3
1.2.1	<i>Objetivo geral.....</i>	3
1.2.2	<i>Objetivos específicos .....</i>	3
<b>2.</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>4</b>
2.1	Tecnologia Assistiva .....	4
2.1.1	<i>O que é Tecnologia Assistiva .....</i>	4
2.1.2	<i>Ações adaptativas consideradas Tecnologia assistiva.....</i>	6
2.1.3	<i>Classificações de TA .....</i>	7
2.1.4	<i>Serviços de TA .....</i>	10
2.2	Planejamento de Processos.....	11
2.2.1	<i>Conceito de Planejamento de Processos .....</i>	11
2.2.2	<i>Métodos de Planejamento de Processos .....</i>	12
2.3	Manufatura digital .....	22
2.3.1	<i>O que é uma fábrica digital.....</i>	22
2.3.2	<i>O papel da impressão 3D na manufatura digital.....</i>	23
2.3.3	<i>Manufatura digital versus Abordagem Convencional .....</i>	24
2.3.4	<i>Engenharia integrada a Manufatura (GEM).....</i>	25
2.4	Design de Produto .....	28
2.4.1	<i>Metodologias de desenvolvimento de produto .....</i>	28
<b>3.</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>34</b>
3.1	Quanto ao objetivo .....	34
3.2	Quanto à abordagem do problema .....	34
<b>4.</b>	<b>MÉTODO DINÂMICO DE CONCEPÇÃO DE PRODUTOS .....</b>	<b>36</b>
<b>5.</b>	<b>APLICAÇÃO DO MÉTODO: ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>39</b>

5.1	Definição do Problema – Estudo de caso.....	39
5.1.1	<i>Entendendo o Problema – Esclerose Lateral Amiotrófica.....</i>	39
5.2	Fase de Preparação .....	41
5.2.1	<i>Coleta e Análise de Necessidades .....</i>	41
5.2.2	<i>Análises do Problema.....</i>	43
5.2.2.1	<i>Análise Funcional .....</i>	43
5.2.2.2	<i>Análise Estrutural .....</i>	44
5.2.2.3	<i>Análise de Materiais e Processos.....</i>	47
5.2.2.4	<i>Análise Normativa.....</i>	48
5.3	Fase de Geração .....	48
5.3.1	<i>Identificação das Causas do Problema.....</i>	48
5.3.2	<i>Identificando a Raiz do Problema.....</i>	49
5.3.3	<i>Estabelecimento de Meta Geral e Específica.....</i>	50
5.3.4	<i>Definição do Plano de Ação para Resolução de Problemas .....</i>	52
5.3.5	<i>Método 10 Concepts.....</i>	54
5.3.6	<i>Ficha Técnica de Componentes do Protótipo .....</i>	55
5.3.7	<i>Ficha Técnica de Fabricação .....</i>	57
5.4	Fase de Realização .....	58
5.4.1	<i>Criação do Conceito Digital.....</i>	59
5.4.2	<i>Desenvolvimento de Modelos Mecânicos .....</i>	59
5.4.3	<i>Programação da Manufatura.....</i>	60
5.4.4	<i>Prototipagem Rápida .....</i>	60
5.4.5	<i>Manufatura.....</i>	61
5.5	Fase de Avaliação .....	61
5.5.1	<i>Avaliação Qualitativa – Formulário de Conforto PEQ.....</i>	61
5.5.2	<i>Avaliação Ergonômica.....</i>	62

5.5.3	<i>Avaliação Biomecânica</i> .....	63
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>66</b>
6.1	Solução Proposta x Solução anterior.....	66
6.2	Resultados da Análise de Conforto .....	68
6.3	Resultados da Análise de Ergonomia.....	71
6.4	Resultados da Análise Biomecânica .....	73
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>75</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>76</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>80</b>
	CARTA DE CONSENTIMENTO .....	80

## 1. INTRODUÇÃO

Tecnologia Assistiva (TA) pode ser definida como um conjunto de técnicas e equipamentos desenvolvidos para assistir pessoas com necessidades especiais. Ainda em desenvolvimento, esta área da terapia ocupacional visa à utilização dos recursos humanos e equipamentos para a adequação de portadores de deficiências motoras obterem uma melhor qualidade de vida. Para cada paciente, é preciso definir uma estratégia correta de intervenção. Essa escolha é feita através de técnicas de diagnóstico aliadas a técnicas de desenvolvimento de produto, isto é, unem-se os ramos clínicos, de engenharia e design em prol da solução de um problema.

No presente trabalho, focou-se na criação de uma metodologia de concepção e fabricação de produtos visando equipamentos e adaptações para TA. Para validação da metodologia, expõem-se um estudo de caso da concepção de um aparato de retirada da força da gravidade aplicada ao pescoço, mais especificamente uma adaptação para um paciente acometido com ELA que está perdendo gradativamente a força muscular em todo o corpo. Nesse caso, é necessária que tal adaptação seja projetada para suspender o peso da cabeça utilizando uma ponte ligada a cadeira de rodas da paciente. Além disso, é de extrema importância que seja de fácil manutenção e que seja possível realizar a retirada, limpeza e a esterilização frequente do equipamento sem a necessidade qualquer montagem ou desmontagem complicada.

De início, é explanada a justificativa do desenvolvimento do tema e são abordados os objetivos que o trabalho pretendeu alcançar no final. Trata-se de um capítulo generalista e introdutório para a boa compreensão da leitura. No capítulo 2, é abordada a fundamentação teórica, mostrando os conceitos sobre Tecnologia assistiva, manufatura digital e as metodologias de design de produto empregadas para um melhor entendimento do trabalho. O capítulo 3 explica a metodologia utilizada para a realização do trabalho, ou seja, a forma como foi conduzido. Além disso, detalham-se as fases do método no capítulo 4. O capítulo 5 demonstra a metodologia aplicada ao estudo de caso em questão, mostrando como foram desenvolvidas as fases do método. O capítulo 6 compara os resultados das avaliações de conforto, ergonomia, design e fabricação entre as adaptações criadas desde a inicial até o produto final proposto. O capítulo 7 aborda a conclusão do trabalho.

## 1.1 Justificativa

A população de idosos com 60 anos ou mais no Ceará aumentou 61% em dez anos, e, segundo os dados do Censo 2010, o contingente etário está em 1063 milhão de pessoas, enquanto em 2000 esse valor era de exatos 658,9 mil. Com o envelhecimento da população cearense vem aumentando de maneira relevante o número de portadores de doenças crônicas e incapacitantes. Segundo a PNS (Pesquisa Nacional de Saúde), 40% da população adulta brasileira, o equivalente a 57,4 milhões de pessoas, possui pelo menos uma doença crônica não transmissível. Visando diminuir os riscos de hospitalização e uma desospitalização com a garantia do cuidado especializado, a otimização dos recursos disponíveis e a humanização do cuidado, foi criado pelo Hospital Geral Waldemar de Alcântara (HGWA), o Programa de Assistência Domiciliar (PAD) em junho de 2003.

O PAD realiza a desospitalização de pacientes com doenças crônico-degenerativas, em sua maioria, sequelados, acamados e dependentes de cuidados especiais. Atualmente, em 2017, o PAD do Hospital Geral Waldemar de Alcântara assiste a 70 pacientes/mês em domicílio incluindo seis pacientes em Suporte respiratório invasivo e 11 pacientes em Oxigenioterapia domiciliar.

Com o intuito de atender melhor as necessidades dos pacientes atendidos pelo PAD, integrou-se em alguns projetos uma equipe de desenvolvimento de projetos mecânicos e produtos criados pela empresa PRINT3D, que tinha como objetivo integrar os conhecimentos de projetos mecânicos, de produto, ergonomia e biomecânicos aos já utilizados conhecimentos clínicos e proporcionar, assim, soluções personalizadas para cada enfermidade e uma melhor qualidade de vida aos pacientes atendidos pelo programa. Com o objetivo de maximizar essa integração, foi proposta uma metodologia que agregasse todos esses conhecimentos em prol da fabricação de produtos que atendessem a necessidades únicas de cada paciente.

Este trabalho aborda a metodologia criada para o desenvolvimento dos primeiros produtos personalizados através desta parceria e expõe um estudo de caso em um paciente vitimado de Esclerose Lateral Amiotrófica (ELA).

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo geral***

Proposição de uma metodologia de desenvolvimento de produto personalizado para pessoas vitimadas de doenças crônicas e idosas.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Concepção e fabricação de um produto baseado na metodologia proposta para uma paciente vitimada de Esclerose Lateral Amiotrófica – ELA;
- Analisar o produto fabricado de acordo com os critérios apresentados na metodologia proposta.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Neste capítulo, são apresentados os conceitos fundamentais de Tecnologia assistiva, manufatura digital e metodologias de desenvolvimento de produtos necessários para a compreensão do trabalho. É abordado, então, qual o papel da Tecnologia assistiva e porque é uma área de expansão, o que é manufatura digital e como ela vem mudando os conceitos de fabricação e engenharia. E como a metodologia de design de produto pode ser utilizada para inovação. Por ser também um estudo de caso de uma paciente com ELA, é explanado também o que é a doença, como ela funciona e quais são as principais preocupações que concernem projetos adaptativos para pacientes com esta doença.

### **2.1 Tecnologia Assistiva**

Neste tópico, são apresentados os conceitos fundamentais de Tecnologia assistiva, quais ações são taxadas como TA, como são classificados e como funcionam os serviços de TA dentro da normatização brasileira.

#### ***2.1.1 O que é Tecnologia Assistiva***

Segundo o CAT (Comitê de Ajudas Técnicas da Secretaria Especial dos Direitos Humanos) (2008), Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social.

A Tecnologia Assistiva (TA) é uma disciplina de domínio de profissionais de várias áreas do conhecimento, que interagem para restaurar a função humana. Ela envolve a pesquisa, fabricação, uso de equipamentos, recursos ou estratégias para potencializar as habilidades funcionais das pessoas com deficiência e é neste ponto que a engenharia mecânica tem um importante papel, proporcionando os processos e ferramentas com o objetivo de criar

adaptações capazes de transformar a vida de quem precisa. Na figura 1 consta um exemplo de adaptação para escrita.

**Figura 1. Adaptação de mão para escrita**



Fonte: PlanetaEducação.com (2017)

Os dados de 2013 (PNS - IBGE) indicam que cerca de 200,6 milhões de pessoas (6,2%) da população brasileira maior de 18 anos tinham ao menos uma das quatro deficiências investigadas (física, auditiva, visual, intelectual ou múltipla). O censo revelou ainda que os dados de deficiência variam de acordo com a região do País. Norte e Nordeste têm as maiores proporções (16,1% e 17,7% respectivamente) de pessoas que afirmam ter pelo menos uma das deficiências investigadas pelos técnicos. A prevalência das incapacidades e deficiências é maior nas regiões mais pobres e, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), entre as crianças e adolescentes estas taxas alcançam valores 10 vezes maiores que os países desenvolvidos. Diante dos quadros de incapacidade funcional, as sociedades se organizam de forma a superarem essas dificuldades promovendo a inclusão social dessas pessoas. Um dos mecanismos necessários é a utilização de Tecnologia assistiva por essa parcela da população em qualquer faixa etária, e em qualquer situação do cotidiano.

A Tecnologia assistiva (TA) é fruto da aplicação de avanços tecnológicos em áreas já estabelecidas. É uma disciplina de domínio de profissionais de várias áreas do conhecimento, que interagem para restaurar a função humana. Tecnologia assistiva diz respeito à pesquisa, fabricação, uso de equipamentos, recursos ou estratégias utilizadas para potencializar as habilidades funcionais das pessoas com deficiência e é neste ponto que a

engenharia mecânica entra em ação. Proporcionando os processos e ferramentas capazes de criar adaptações capazes de transformar a vida de quem precisa.

### ***2.1.2 Ações adaptativas consideradas Tecnologia assistiva***

De acordo com o Decreto nº 3.298 de 1999, que apresenta, dentro do capítulo de reabilitação, a referência ao direito do cidadão brasileiro às Ajudas Técnicas: “Consideram-se ajudas técnicas, para os efeitos deste Decreto, os elementos que permitem compensar uma ou mais limitações funcionais motoras, sensoriais ou mentais da pessoa portadora de deficiência, com o objetivo de permitir-lhe superar as barreiras da comunicação e da mobilidade e de possibilitar sua plena inclusão social.” (Brasil, 1999).

Além de conceituar, o Decreto nº 3.298/1999 lista quais são as ajudas técnicas previstas para concessão:

I - próteses auditivas, visuais e físicas;

II - órteses que favoreçam a adequação funcional;

III - equipamentos e elementos necessários à terapia e reabilitação da pessoa portadora de deficiência;

IV - equipamentos, maquinarias e utensílios de trabalho especialmente desenhados ou adaptados para uso por pessoa portadora de deficiência;

V - elementos de mobilidade, cuidado e higiene pessoal necessário para facilitar a autonomia e a segurança da pessoa portadora de deficiência;

VI - elementos especiais para facilitar a comunicação, a informação e a sinalização para pessoa portadora de deficiência;

VII - equipamentos e material pedagógico especial para educação, capacitação e recreação da pessoa portadora de deficiência;

VIII - adaptações ambientais e outras que garantam o acesso, a melhoria funcional e a autonomia pessoal;

IX - bolsas coletoras para os portadores de ostomia.

Outro Decreto, o de nº 5.296, de 2004, que regulamenta a Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000, Determina: “Consideram-se ajudas técnicas os produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia adaptados ou especialmente projetados para melhorar a

funcionalidade de pessoas portadoras de deficiência, com mobilidade reduzida favorecendo autonomia pessoal, total ou assistida” (Brasil, 1999).

Os dois conceitos apresentados na legislação brasileira falam de “elementos” (Decreto nº 3.298/1999); “produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologia” (Decreto nº 5.296/2004) que favorecem a funcionalidade ou a realização de atividades pretendidas de pessoas com deficiência, mobilidade reduzida, promovendo a autonomia pessoal. Estes termos grifados, quando não aprofundados, remetem à compreensão de que a Tecnologia Assistiva materializa-se apenas em um “artefato” utilizado por uma pessoa com deficiência e que promove ou amplia uma habilidade pretendida, porém, é mais amplo do que isso.

### ***2.1.3 Classificações de TA***

As normatizações internacionais e estudos classificativos de TA utilizados como referência para a utilização em aplicações no Brasil são:

- ISO 9999/2016 – Produtos de Tecnologia Assistiva – Classificação e Terminologia
- Classificação Horizontal Europeia em Tecnologia e Atividades de Reabilitação - HEART
- Classificação Nacional de Tecnologia assistiva, do Instituto Nacional de Pesquisas em Deficiências e Reabilitação, dos Programas da Secretaria de Educação Especial, Departamento de Educação dos Estados Unidos.

Para os fins deste estudo, a metodologia de classificação empregada foi a utilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas em Deficiências e Reabilitação, dos Programas da Secretaria de Educação Especial, Departamento de Educação dos Estados Unidos, que classifica os recursos da seguinte maneira.

Tabela 1. Sistema de classificação de recursos e serviços de TA.

<b>SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS E SERVIÇOS DE TA</b>	
<b>A: ELEMENTOS ARQUITETÔNICOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos de apoio</li> <li>• Recursos para abrir e fechar portas e janelas</li> <li>• Elementos para a Construção da casa</li> <li>• Elevadores/guindastes/rampas</li> <li>• Equipamentos de segurança Pavimentos</li> </ul>
<b>B: ELEMENTOS SENSORIAIS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajudas ópticas</li> <li>• Recursos auditivos</li> <li>• Ajudas cognitivas</li> <li>• Recursos para deficiência múltipla</li> <li>• Ajudas para comunicação alternativa</li> </ul>
<b>C: COMPUTADORES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hardware</li> <li>• Software</li> <li>• Acessórios para o computador</li> <li>• Calculadoras especializadas</li> <li>• Recursos de realidade virtual</li> </ul>
<b>D: CONTROLES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de controle do ambiente</li> <li>• Acionadores temporizados</li> <li>• Controle remoto</li> <li>• Controles operacionais</li> </ul>
<b>E: VIDA INDEPENDENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vestuário</li> <li>• Ajudas para higiene</li> <li>• Ajudas/recursos para proteção do corpo</li> <li>• Ajudas para vestir/despir</li> <li>• Ajudas para banheiro</li> <li>• Ajudas para lavar/tomar banho</li> <li>• Ajudas para manicure/pedicure</li> <li>• Ajudas para cuidado com o cabelo</li> <li>• Ajudas para cuidado com os dentes</li> <li>• Ajudas para o cuidado facial/da pele</li> <li>• Ajudas para organização da casa/doméstica</li> <li>• Ajudas para manusear/manipular produtos</li> </ul>

Tabela 1. Cont. Sistema de classificação de recursos e serviços de TA.

<p><b>F: MOBILIDADE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transporte (veículo motor, bicicleta)</li> <li>• Ajudas para caminhar e ficar em pé</li> <li>• Cadeira de rodas</li> <li>• Outros tipos de mobilidade</li> </ul>
<p><b>G: ÓRTESES/PRÓTESES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de órtese para coluna</li> <li>• Sistemas de órtese para membros superiores</li> <li>• Sistemas de órteses para membros inferiores</li> <li>• Estimuladores elétricos funcionais</li> <li>• Sistemas de órtese híbridas</li> <li>• Sistemas de prótese para membros superiores</li> <li>• Próteses para membros superiores</li> <li>• Sistemas de prótese para membros inferiores</li> <li>• Próteses cosméticas/não-funcionais para membros inferiores</li> <li>• Outras Próteses</li> </ul>
<p><b>H: RECREAÇÃO/LAZER/ SPORTES</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Brinquedos</li> <li>• Jogos para ambientes internos</li> <li>• Artes e trabalhos manuais</li> <li>• Fotografia</li> <li>• Aptidão física</li> <li>• Jardinagem/atividade horticultura</li> <li>• Acampamento</li> <li>• Caminhada</li> <li>• Pesca/caça/tiro</li> <li>• Esportes</li> <li>• Instrumentos musicais</li> </ul>
<p><b>I: MÓVEIS ADAPTADOS/MOBILIÁRIO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mesas</li> <li>• Fixação para luz</li> <li>• Cadeiras/móveis para sentar</li> <li>• Camas/ roupa de cama</li> <li>• Ajuste de altura dos móveis</li> <li>• Móveis para o trabalho</li> </ul>

**Tabela 1. Conclusão. Sistema de classificação de recursos e serviços de TA.**

<b>J: SERVIÇOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação individual</li> <li>• Apoio para adquirir recursos/serviços</li> <li>• Seleção de recursos e serviços e utilização dos serviços</li> <li>• Coordenação/articulação com outras terapias e serviços</li> <li>• Treinamento e assistência técnica</li> <li>• Outros serviços de apoio</li> </ul>
--------------------	--

Fonte: Departamento de Educação dos Estados Unidos, 2000. (Tradução livre de Dianne Martins e Rita Bersch)

### **2.1.4 Serviços de TA**

Nas normativas brasileiras, que são inspiradas nas normatizações internacionais já citadas, a mediação entre o usuário e o fabricante do equipamento em geral é feita por um Sistema de Prestação de Serviços, que pode ser definido como qualquer serviço que auxilia diretamente um indivíduo com deficiência na seleção, aquisição ou uso de um equipamento de TA.

O processo de assistência pode ser caracterizado pelas seguintes etapas (*European Commission*):

1. Iniciativa do usuário em procurar o serviço para suprir alguma necessidade;
2. Avaliação e identificação de necessidades, incluindo uma avaliação funcional do indivíduo em seu ambiente habitual;
3. Determinação da tipologia da solução, incluindo o nível de avanço tecnológico do equipamento utilizado, se realmente for necessário utilizar algum equipamento;
4. Experimentação, personalização, treinamento do uso do equipamento;
5. Seleção do conjunto específico de dispositivos e serviços, com respeito a marcas, modelos e configurações de montagem entre equipamentos, se for o caso;
6. Aquisição do equipamento pelo próprio usuário ou familiares, concessão por entidade financiadora, ou uma combinação de ambos;
7. Implementação do uso do equipamento no contexto de vida do usuário;
8. Seguimento e avaliação, incluindo adaptação, manutenção, conserto e substituição do equipamento.

## **2.2 Planejamento de Processos**

Para uma organização produzir um produto que atenda as especificações de projeto, a manufatura de cada componente do produto deve ser cuidadosamente planejada. No entanto, meramente garantir que o produto atenda as especificações de projeto e a qualidade desejada não é o suficiente. A manufatura de um produto deve ser maximizar o valor agregado e atender os prazos acordados. Desta forma, o planejamento de processos deve garantir que o produto seja fabricado com as especificações corretas, com o menor custo e no tempo certo (SCALLAN, 2003).

Neste tópico, são apresentados os conceitos fundamentais de planejamento de processos. Aborda-se o conceito de planejamento de processos, a suas funções e sua importância. Em seguida, apresentam-se os métodos de planejamento de processos encontrados na literatura científica e os sistemas de geração do plano de processos.

### ***2.2.1 Conceito de Planejamento de Processos***

Pereira (2012) afirma que o planejamento de processo é uma atividade que liga a Engenharia de Produto à área de Produção, e que sua importância reside em ser via obrigatória no fluxo de atividades que determinam a produção de determinada peça ou bem, pois em qualquer empresa de manufatura é necessário planejar para produzir um bem. Já Scallan (2003) define planejamento de processos como o ato de preparar instruções detalhadas de trabalho para transformar a matéria-prima em produto acabado, o que inclui a seleção e o sequenciamento de processos e operações, a definição de máquinas e equipamentos entre outras atividades.

De acordo com Groover & Zimmers (1988) o planejamento de processo em uma indústria diz respeito à definição dos parâmetros das atividades da manufatura a partir do desenho do produto e de restrições estratégicas da empresa e do mercado, tais como: necessidades de materiais, planejamento e cálculo de capacidade, informações para controle de fábrica, padrões de desempenho e rendimento etc. Isso se torna prático e operacional sob a forma de arranjos físicos de máquinas e da configuração de postos de trabalho, da estimativa de tempos padrões e de métodos, da avaliação de carga-máquina e da necessidade de compra ou substituição de equipamentos, da definição de parâmetros de processo como regulagens de

máquinas, capacidade de um carregador e limites para estoques intermediários, entre outros, além de especificações de ferramental empregado, dispositivos e procedimentos para controle de qualidade.

Araujo (1997) explica que a tarefa fundamental do planejamento de processos é executar o chamado Plano de Produção ou de Processo, que contém as descrições do processo completo de fabricação com as máquinas, operações, tempos padrão e ferramentas com as devidas regulagens. Groover & Zimmers (1988) define três funções típicas do planejamento de processos: a determinação da sequência de operações, a determinação das condições apropriadas para o processo e a fixação dos tempos padrões.

Melo (2003) afirma que devido à diversidade e ao volume das informações envolvidas nos planos de processo dos variados segmentos da indústria, cada empresa executa o seu plano da maneira que melhor lhe convém. No entanto, pode-se identificar na maioria dos planos dois conjuntos de informações comuns: Plano Macro e Detalhamentos das Operações.

O Plano Macro determina a sequência de operações executadas em uma peça na sua fabricação, ele especifica a rota na qual a peça passa a ser fabricada. Este plano utiliza a carta analítica de processo para traçar o caminho que os componentes do produto irão passar, desde a entrada na empresa até a sua saída (MELO, 2003). Detalhamento das Operações é um plano com informações utilizadas pela área de manufatura para auxiliar na fabricação do produto (instruções e croquis para montagem de máquinas e do ferramental, lista de ferramentas instruções de qualidade etc.) (MELO, 2003).

### ***2.2.2 Métodos de Planejamento de Processos***

As metodologias de planejamento de processos são variadas e nem sempre são listadas como uma sequência e sim como um conjunto de procedimentos necessários para a realização de uma atividade ou processo. Segundo Pereira (2012), as principais atividades de planejamento apresentadas pela literatura científica são:

**Tabela 2. Atividades de Planejamento de um Processo.**

<b>Atividades de Planejamento de um Processo</b>	
<b>Interpretação geométrica do desenho do produto</b>	O primeiro passo para planejar a fabricação de qualquer produto ou componente é consultar os desenhos de engenharia. A interpretação do desenho inclui analisar a geometria da peça, dimensões e suas tolerâncias, especificações de acabamento de superfície, especificação de materiais e o número de componentes necessários. Desta interpretação, os fatores críticos do processo podem ser identificados e é possível indicar o processo de manufatura a ser utilizado.
<b>Seleção dos processos primários</b>	Nesta etapa, os processos de fabricação primários da peça são definidos (usinagem, fundição, conformação etc.) de acordo com os fatores de projeto. Os fatores de projeto que mais têm influência sobre a escolha do processo são: quantidade de peças, complexidade da peça, natureza do material da peça, tamanho da peça, espessura, precisão dimensional, custo do material bruto, preço da sucata, possibilidade de defeitos e processos subsequentes.
<b>Avaliação dos materiais</b>	Embora o engenheiro de produto especifique o material a ser utilizado, o planejador de processos irá, ocasionalmente estudar junto ao engenheiro de produto outras alternativas em virtude da disponibilidade do material ou do processo de fabricação.
<b>Desenho da peça bruta</b>	Nesta etapa, o desenho e o projeto de fabricação da peça bruta a ser utilizada como matéria-prima é analisado para se definirem os subprocessos necessários para a fabricação da peça.
<b>Seleção de máquinas e ferramentas</b>	Uma vez que o planejador definiu os processos que serão utilizados, o equipamento de produção específico deve ser selecionado. Fatores típicos a serem considerados são: o tamanho e peso da peça, as dimensões e montagem da máquina. Em seguida, as ferramentas a serem utilizadas no equipamento selecionado devem ser escolhidas.
<b>Definição de parâmetros dos processos</b>	Com as máquinas e as ferramentas selecionadas, parâmetros específicos devem ser estabelecidos para cada operação para cada máquina. Além disso, normalmente calcula-se o tempo de cada operação baseado na geometria da peça e nos parâmetros do processo previamente calculados.

**Tabela 2. Cont. Atividades de Planejamento de um Processo.**

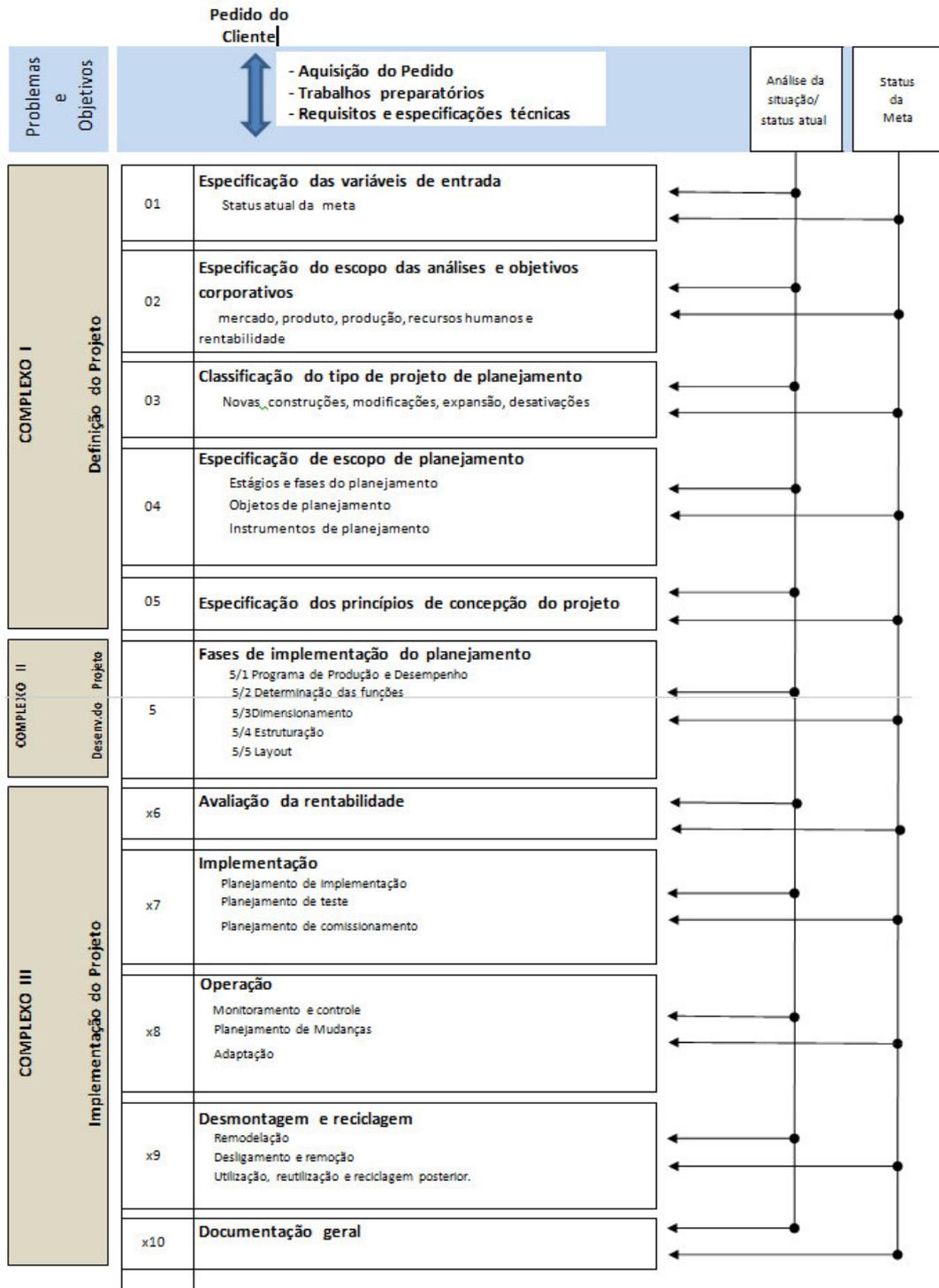
<p><b>Definição de dispositivos de fixação</b></p>	<p>Nesta etapa, os dispositivos de fixação devem ser selecionados. Os dispositivos de fixação podem ser classificados em duas categorias: dispositivos de fixação de uso geral, tais como mandris e pinças, e dispositivos de fixação de uso específico, que são os dispositivos de fixação específicos de cada máquina. Da interpretação do desenho, o planejador de processos identifica as posições em geral e seus requisitos restritivos e qualquer posição crítica e seus requisitos restritivos. Os requisitos gerais estarão baseados nas tolerâncias dimensionais e ou nas tolerâncias geométricas especificadas no projeto, enquanto os requisitos críticos estarão fundamentados em qualquer instância nas tolerâncias geométricas e dimensionais em conjunto.</p>
<p><b>Selecionar métodos de garantia da qualidade</b></p>	<p>Com os fatores críticos do processo como tolerâncias geométricas e dimensionais e especificações de acabamento de superfície já identificados na etapa de interpretação do projeto, nesta etapa o planejador deve definir os critérios de inspeção para todos os fatores críticos bem como a tolerância à variabilidade das medições. Em alguns casos, o planejador é responsável por definir as ferramentas e técnicas a serem utilizadas para garantir a aderência à especificação. No entanto, normalmente os critérios de inspeção serão definidos por um engenheiro de qualidade.</p> <p>O planejador também deverá fazer o balanço entre a garantia da qualidade do produto e checagens desnecessárias, pois o excesso de inspeções pode tornar o processo oneroso.</p>
<p><b>Definição de custos</b></p>	<p>O planejador de processos também é responsável por estimar os custos de manufatura de um componente ou produto fundamentado nos dados de custos disponíveis e tempo das operações.</p> <p>As informações de custo serão utilizadas no plano de processo para determinar as relações custos e volume de produção, decisões podem ser tomadas sobre qual material utilizar em determinada operação, decisões sobre fazer ou comprar etc.</p>
<p><b>Preparar documentos do plano de processos</b></p>	<p>Existem dois documentos principais envolvidos na preparação do planejamento de processos: a Folha de Rotas e a Lista de Operações.</p>

Fonte: Pereira (2012)

De acordo com Pereira (2012), a Folha de Rotas especifica a rota que o material bruto segue pelos processos de manufatura. Nela normalmente estão contidos os equipamentos e ferramentas a serem usados na produção, bem como informações sobre o caminho que a peça deve fazer no chão-de-fábrica. Uma vez que a rota de produção da peça está definida, um plano detalhado de cada operação pode ser feito por meio de uma lista de operações. A Lista de Operações especifica em mais detalhes cada operação individualmente. Normalmente uma lista de operações é preparada para cada estação de trabalho listada na Folha de Rotas, embora ela possa abranger um grupo de máquinas contidas numa célula de produção.

Schenk, et al. (2010), criam o modelo de planejamento de processos 0+5+X, o qual contém fases divididas em processos que englobam desde as áreas de processamento do problema e aquisição do pedido do cliente e definição do projeto até o desenvolvimento, implementação e execução do projeto. O método de planejamento 0+5+X é composto por três fases que são resumidas na figura 2 (Schenk, et al., 2010) e são descritos nas tabelas a seguir

Figura 2. Complexos do modelo de planejamento 0 + 5 + X.



Fonte: Adaptado de SCHENK, et al.,( 2010)

Tabela 3. Complexo 1 – Definição do Projeto.

<b>Complexo I – Definição do Projeto:</b>	
<p>Este complexo tem como objetivo a definição do projeto, a qual compreende os requisitos em geral do cliente. Um canal de comunicação entre o cliente, a equipe de projeto e os parceiros do projeto deverá ser criado para avaliar mudanças de curto prazo e as suas consequências e derivar inferências para o trabalho posterior. Durante o processo deste complexo, cinco atividades de concepção do projeto são necessárias, a saber:</p>	
<b>Especificação das variáveis de entrada</b>	<p>As variáveis de entrada são configuradas de acordo com a meta de projeto. No caso, por exemplo, em que a instalação de produção já existe e deve ser reconstruída, analisam-se os dados do cenário atual. (documentos, desenhos, produtos, quantidades de produção, tecnologias, processos, localização e estrutura dos sistemas de produção e logística e planos de construção), compara-se com a meta e identificam-se as melhorias.</p>
<b>Especificação do escopo de análises e objetivos corporativos</b>	<p>Nesta atividade as políticas e diretrizes básicas da empresa são analisadas para que as decisões do projeto sejam feitas de acordo com os objetivos corporativos.</p> <p>Os principais objetivos analisados são:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Objetivos mercadológicos (Market share, novos mercados etc.);</li> <li>• Objetivo de rentabilidade (lucro, retorno sobre o investimento etc.);</li> <li>• Objetivos sociais (satisfação dos funcionários, desenvolvimento profissional dos funcionários etc.);</li> </ul>

Tabela 3. Cont. Complexo 1 – Definição do Projeto.

<p><b>Classificação do tipo de projeto de planejamento</b></p>	<p>Esta etapa constitui na definição do tipo de projeto de planejamento a ser realizado, eles podem ser de quatro tipos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolvimento de novas instalações de produção;</li> <li>• Reconfiguração das instalações existentes (projetos de melhoria de processos);</li> <li>• Aumento da capacidade produtiva;</li> <li>• Supressão das instalações produtivas.</li> </ul>
<p><b>Especificação do escopo de planejamento</b></p>	<p>Nesta atividade as fases de planejamento estarão definidas em um conceito com três dimensões (a fase de planejamento, os objetos de planejamento e os instrumentos de planejamento). Assim, para cada fase de planejamento são definidos os objetos e instrumentos de planejamento.</p> <p>As fases de planejamento são: planejamento, construção, iniciação, operação e encerramento. Os objetos de planejamento são: recursos humanos, estruturas (estações de trabalho, divisões etc.), objetos móveis (maquinário, equipamentos etc.) e bens imóveis (prédios, terrenos etc.). Os instrumentos de planejamento são: métodos, modelos, ferramentas, teorias etc.</p>
<p><b>Especificação dos princípios de concepção do projeto</b></p>	<p>Os princípios e regras de concepção do projeto são fundamentados nas experiências de projetos anteriores.</p>

Fonte: Pereira, 2012.

Schenk, et al. (2010) *apud* Pereira (2012) cita onze princípios (princípio da totalidade, princípio da fase, princípio do estágio, princípio das variáveis, princípio da lucratividade, princípio da constância do projeto, princípio da ordem, princípio da flexibilidade, princípio da melhoria constante, princípio da situação e princípio da sinergia), porém não é objetivo desta tese descrevê-los (mais detalhes em Shenk et. al., 2010).

**Tabela 4. Complexo 2 – Desenvolvimento do Projeto.**

<b>Complexo II – Desenvolvimento do Projeto:</b>	
O objetivo deste complexo é desenvolver o projeto, cinco atividades de planejamento consecutivas são necessárias, a saber:	
<b>Programa de Produção e de Desempenho</b>	Nesta atividade os programas de produção e desempenho são desenvolvidos. O ponto inicial para a definição do programa de produção é a definição de tarefas de acordo com as especificações definidas no Complexo I, e em seguida os processos de fabricação são definidos por meio de um planejamento eficiente da manufatura e da montagem. O programa de desempenho é a meta de desempenho da produção a ser alcançada, o qual é derivado diretamente do programa de produção.
<b>Determinação das funções</b>	Os objetivos desta atividade são: definir a sequência de operações e montagem dos componentes, definir as máquinas e os equipamentos e definir a qualificação necessária da mão-de-obra para a execução das operações.
<b>Dimensionamento</b>	Nesta atividade quantificam-se todos os recursos produtivos, tais como: equipamentos, máquinas, áreas de produção, mão-de-obra, investimentos, capital de giro etc.

Tabela 4. Complexo 2 – Desenvolvimento do Projeto.

<p><b>Estruturação</b></p>	<p>O objetivo desta etapa é aperfeiçoar o tempo e a área de produção. Nela, as principais atividades executadas são: a seleção do tipo de estrutura da fábrica, a formulação e a avaliação de estruturas ideais, a formulação e a avaliação de estruturas reais e a otimização das estruturas reais.</p> <p>Nesta atividade são definidos: as regras dos fluxos de processos, o tipo de coordenação logística, o tipo de layout, o Block Layout ideal, o fluxograma e os esquemas de layout.</p>
<p><i>Layout</i></p>	<p>Esta etapa tem a função de integrar os itens planejados neste complexo, observando as restrições econômicas, ambientais e de segurança do trabalho. Nela, o fluxo de atividades e o layout final de produção são definidos.</p> <p>As principais entregas desta etapa são: o layout real, o plano de implantação, o plano de progressão, as descrições das funções, as instruções para implantação e a lista de equipamentos.</p>

Fonte: Pereira, 2012.

Por fim, inicia-se o complexo III para a implementação do projeto, definindo suas etapas na tabela 5.

Tabela 5. Complexo 3 – Implementação do Projeto.

<b>Complexo III – Implementação do Projeto:</b>	
<p>Neste complexo, o projeto é implementado com base nas avaliações de rentabilidade por meio de uma análise de investimentos, que considera todas as etapas do processo, desde a implementação até a desmontagem e reutilização de recursos.</p> <p>Para implementação do projeto são necessárias cinco especificações, a saber:</p>	
<b>Avaliação da rentabilidade</b>	<p>Aqui, avaliações de rentabilidade são realizadas para cada fase de planejamento e para o conjunto delas por meio de métodos de avaliação de investimento (<i>payback</i>, valor presente, valor presente líquido, ponto de Fischer, taxa interna de retorno, índice benefício custo etc.).</p>
<b>Implementação (<i>setup</i>)</b>	<p>Nesta etapa são executados os planos de implementação do projeto, os planos de testes de desempenho e funcionamento, o plano de comissionamento. Além disso, as licenças requeridas deverão ser providenciadas.</p>
<b>Operação</b>	<p>Aqui, são monitorados os indicadores de desempenho da fábrica dos planos de implementação, testes e comissionamento. Deste modo, a produção é monitorada para que possíveis melhorias sejam identificadas e implantadas na fábrica.</p>
<b>Desmontagem e reciclagem (revitalização)</b>	<p>Nesta etapa, o planejamento busca manter a fábrica sustentável e economicamente compatível com o meio-ambiente por meio da reutilização de recursos, tais como: equipamentos, edifícios etc.</p>
<b>Documentação geral</b>	<p>Nesta etapa, como o próprio nome sugere, as documentações gerais do projeto são arquivadas. Isto inclui os registros mais importantes e a documentação de toda a instalação. Além de informações dos clientes, do contratante e dos parceiros do projeto.</p>

Fonte: Pereira, 2012.

## 2.3 Manufatura digital

Neste tópico, são apresentados os conceitos fundamentais da manufatura digital, suas funções, as principais vantagens do uso desta tecnologia. O objetivo da abordagem deste tema é justificar o uso desta tecnologia no desenvolvimento de produtos para Tecnologia assistiva.

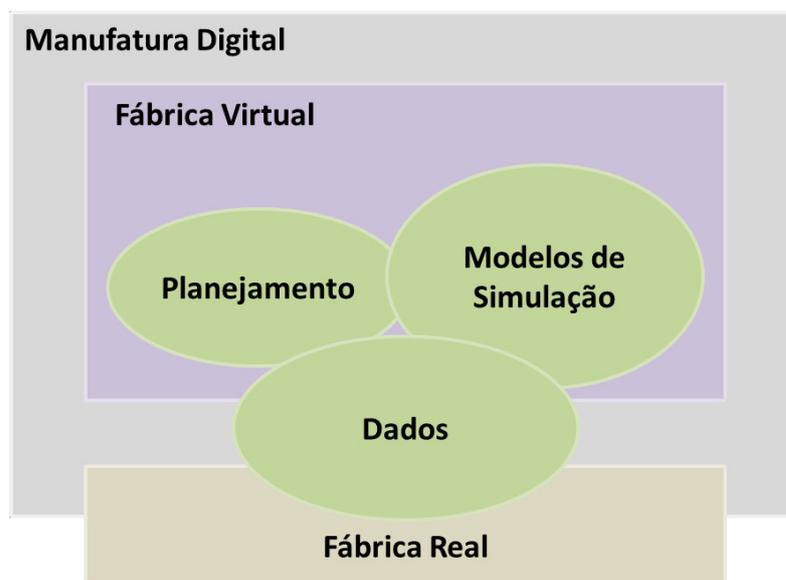
### 2.3.1 O que é uma fábrica digital

A fábrica digital é uma inovação de TI que busca aperfeiçoar os processos de desenvolvimento do produto pela introdução de novos processos e softwares que proporcionam maior colaboração com o desenvolvimento dos processos de manufatura. Fábrica digital, também tratada por manufatura digital, é um termo que tem sido usado há anos por vendedores de softwares e de máquinas. Mas só recentemente esse conceito se tornou disponível a quase qualquer empresa da cadeia de suprimentos. As maiores empresas automotivas já investiram fortemente nesse conceito, transformando muitos de seus processos em processos digitais ao invés de baseados em papel (DALTON-TAGGART, 2005).

Comprimir o ciclo de desenvolvimento de produtos significa muito para empresas que frequentemente operam sob pequenas margens de lucro. Com a última geração de softwares de manufatura digital e de *Product Lifecycle Management* (PLM), fabricantes da indústria automobilística e aeroespacial têm a oportunidade de reduzir grandemente o time-to-market de novos produtos, assim como cortar custos. Nos últimos anos, os sistemas de manufatura digital cresceram, especialmente com essas indústrias, motivando o aparecimento de soluções mais capazes, que oferecem simulações realistas de layouts produtivos, processos, linhas de montagens, células de robôs e controles de automação industrial (WAURZYNIAK, 2007).

Para Kuhen (2006) manufatura digital é um conceito amplo, o qual é composto pela integração entre a fábrica virtual e a fábrica real como visto na figura 3. Nela, os dados da fábrica real são utilizados na composição dos dados de entrada da fábrica virtual, de tal forma que a fábrica real, por meio do uso de dados estocásticos, é simulada e aperfeiçoada em um ambiente virtual. Então, a melhor configuração encontrada no ambiente virtual é utilizada no ambiente real.

**Figura 3. Manufatura digital na integra a fábrica virtual e a fábrica real.**



Fonte: Pereira, 2012(Adaptado de KUHEN, 2006).

### ***2.3.2 O papel da impressão 3D na manufatura digital***

O uso de impressora 3D é, de fato, uma das características mais conhecidas da manufatura digital. Ela permite a produção de um protótipo pela indústria de forma rápida, fabricação de produtos no menor tempo possível e sem perda de materiais, com o avanço da ciência e da tecnologia muitas organizações e empresas estão investindo nessa inovação a fim de desenvolver novas formas de processo de fabricação de produtos diretamente de um modelo computacional, dispensando ferramental, tempo e custo de maneira que acompanhe a era atual, ou seja, a indústria 4.0, devido a uma forte concorrência no mercado. Viabilizando a obtenção de protótipos numa fase precoce do desenvolvimento de produtos, com a possibilidade de realizar testes e discutir novas ideias antes de seguir para as fases preliminares do processo, o que conseqüentemente teria um custo elevado ao necessitar de alterações e também trazer prejuízos se for detectado algum tipo de erro (MIETTI, VENDRAMETO, 2000).

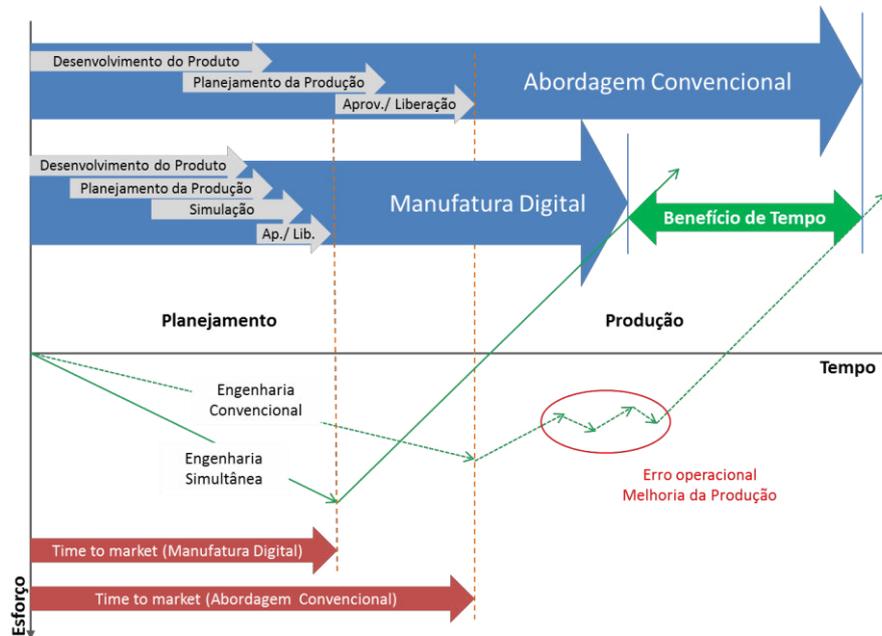
A impressão tridimensional (3D) são máquinas de prototipagem rápida, desenvolvidas para criar produtos inovadores no menor tempo possível, se diferenciando das máquinas convencionais. No início desta nova tecnologia, as máquinas eram utilizadas apenas em indústrias, mas o processo se expandiu e o principal objetivo dos pesquisadores dessa área

é adotar seu uso em escritórios e residências particulares. No sistema de impressão tridimensional o produto é desenvolvido graficamente em 3D no software computacional e em seguida o modelo é convertido em coordenadas, dividindo-se em camadas planas, que são transferidos para a impressora em linguagem de máquina. O material de construção presente no cabeçote da impressora é depositado numa plataforma de acordo com o desenho final, formando o protótipo ou o que se deseja obter. O processo de impressão utiliza materiais termoplásticos, resinas, foto polímeros e alguns metais específicos dependendo da tecnologia empregada (VOLPATO, et al. 2007).

### ***2.3.3 Manufatura digital versus Abordagem Convencional***

A VDI 4499 (2006) afirma que o conceito de manufatura digital visa a integração de métodos e ferramentas disponíveis em diferentes níveis para planejar e testar o produto desde a fase inicial de planejamento até o controle operacional da fábrica. Por meio da integração dos dados de manufatura o processo de planejamento se torna mais ágil, uma vez que não há mais a necessidade da busca ou espera por dados. Além disso, dados atualizados são obtidos, evitando-se erros de planejamento por inadequação de dados. Desta forma, acelera-se o *time-to-market* dos produtos tornando as empresas mais competitivas. A Figura 4 ilustra este conceito.

**Figura 4. Manufatura digital na integra a fábrica virtual e a fábrica real**

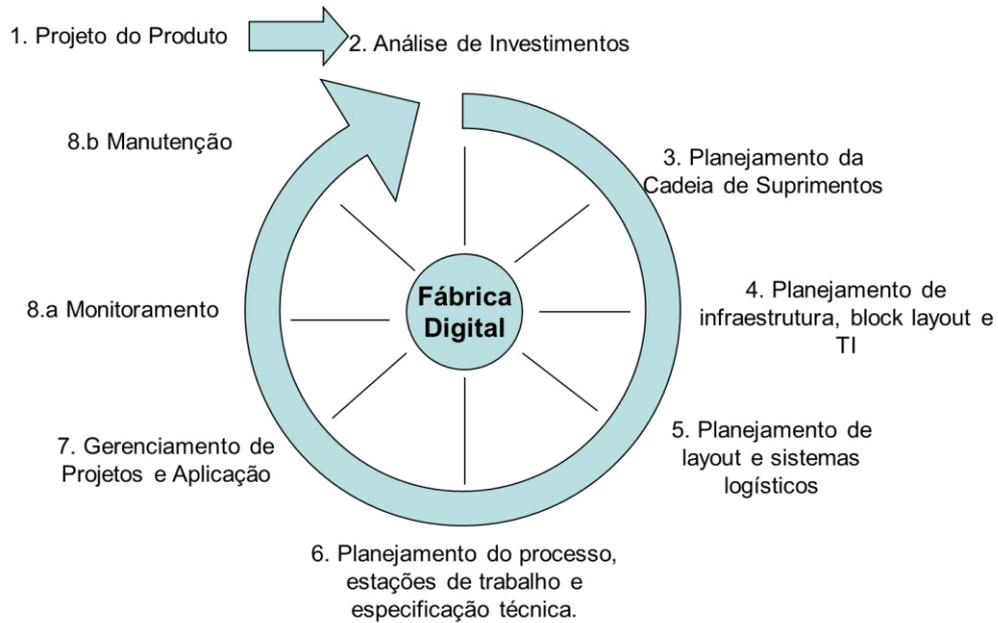


Fonte: Pereira, 2012 (Adaptado de KUHEN, 2006).

### 2.3.4 Engenharia integrada a Manufatura (GEM)

A abordagem GEM engloba o conceito de fábrica digital para o planejamento integrado do produto e seus processos, segundo Pereira (2012). Constantinescu, *et al.* (2009) cita o método de planejamento de processos **GEM**, acrônimo do idioma inglês **Grid Engineering for Manufacturing** (Engenharia integrada para Manufatura) que podemos observar estruturado na figura 5.

**Figura 5. Desenvolvimento contínuo do produto, da fábrica e do plano de processos**



Pereira, 2012(Adaptado de CONSTANTINESCU, et al., 2009)

A abordagem GEM de planejamento integrado do produto e do processo é composta por sete etapas, descritas na tabela abaixo:

**Tabela 6. GEM de planejamento integrado do produto e do processo.**

<b>GEM</b>	
Neste Tabela será descrito os 7 processos para executar o planejamento integrado do produto e do processo descritos pelo processo de engenharia integrado a manufatura.	
<b>Gerenciamento das informações do Produto (<i>Product Data Management -PDM</i>) durante o ciclo de vida do produto</b>	Nesta etapa, um sistema PLM é usado para administrar a estrutura, os arquivos CAD e os documentos do produto. As diferentes funções do sistema PLM auxiliam o time de projeto do produto por meio do gerenciamento de diferentes versões, variantes e configurações do produto.

Tabela 6. Cont. GEM de planejamento integrado do produto e do processo.

<p><b>Planejamento de Processos, Recursos e <i>Layout</i> Fabril</b></p>	<p>Nesta etapa, trata-se do planejamento do <i>layout</i> bruto da fábrica por meio da utilização de um aplicativo de <i>software</i> de gerenciamento de dados do processo, tal como o <i>Process Designer</i> (Siemens™). Modelos estáticos dos processos de fabricação e montagem são construídos com os <i>links</i> concordantes para a estrutura do produto e para o <i>layout</i> da fábrica.</p>
<p><b>Otimização Estática e Dinâmica de Fábrica</b></p>	<p>Nesta etapa o Block <i>layout</i> bruto é detalhado em um software de CAD. A otimização estática da fábrica é feita com o auxílio de um aplicativo de software para análise dos fluxos de fabris, tal como <i>FactoryFlow</i> (Siemens™). Para a otimização dinâmica da fábrica, um modelo de simulação é gerado com os dados do processo e do projeto de <i>layout</i>. Os indicadores de desempenho chave, são os resultados das simulações que dão suporte à otimização dinâmica da fábrica.</p>
<p><b>Simulação do processo</b></p>	<p>Em alguns processos os parâmetros variam muito. Por isso esses processos são simulados. Com os resultados da simulação, o ajuste ideal dos equipamentos pode ser determinado.</p>
<p><b>Planejamento Participativo do <i>Layout</i> Fabril</b></p>	<p>Nesta etapa, especialistas de diferentes áreas trabalham em conjunto no <i>layout</i> da fábrica para aplicar seus diferentes conhecimentos experiências. Então, a fábrica deverá ser projetada em um ambiente 3D.</p>
<p><b>Manutenção e Monitoramento das Operações</b></p>	<p>Esta etapa é executada quando os processos já estão instalados na fábrica. Aqui, tecnologias avançadas de processamento de voz são utilizadas para a emissão de mensagens de erro em determinados processos nas operações da fábrica. O fácil manuseio de destas tecnologias possibilita níveis elevados de automação pela execução dos processos.</p>

**Tabela 6. Conclusão. GEM de planejamento integrado do produto e do processo.**

<p><b>Gestão de Dados de Fábrica</b></p>	<p>Um aplicativo de software de gerenciamento de dados da fábrica é utilizado, por exemplo, o Team Center (Siemens™), como uma plataforma para a administração central e integrada das informações da fábrica, dos produtos, dos processos e dos recursos produtivos.</p>
--	---

Fonte: Pereira (2012).

## 2.4 Design de Produto

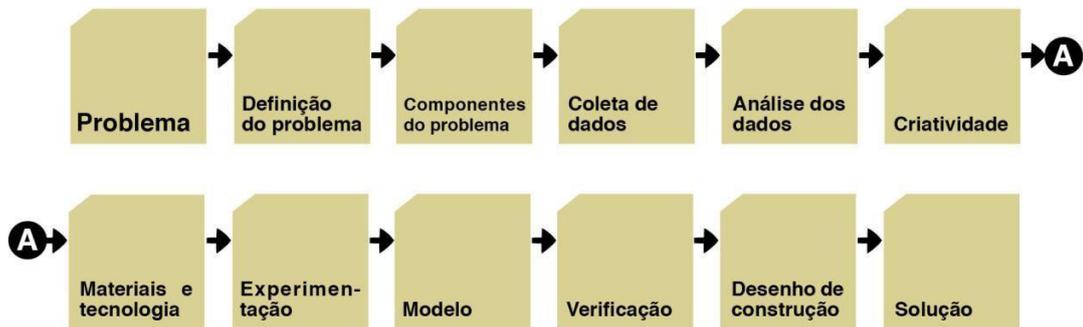
Neste tópico, são definidas as principais metodologias do design de produto. O objetivo ao abordar este tema é justificar o uso desta tecnologia no desenvolvimento de produtos para Tecnologia assistiva.

### 2.4.1 Metodologias de desenvolvimento de produto

Neste subtópico são mostrados alguns métodos aceitos de metodologia de desenvolvimento de produto e quais são suas ferramentas de criação e gestão.

- **Munari (1998)** – Segundo Medeiros (2012), Munari falava que o método é primordial para que a solução desejada seja alcançada adequadamente. As etapas devem ser dispostas em estruturas sequenciais, mesmo que não aplicáveis em sua totalidade. Pelo menos parte serve ao propósito de fornecer subsídios consistentes para a criação e o decorrente surgimento de novas e melhores coisas ou produtos. Seu método é descrito pela figura 6.

Figura 6. Método Munari

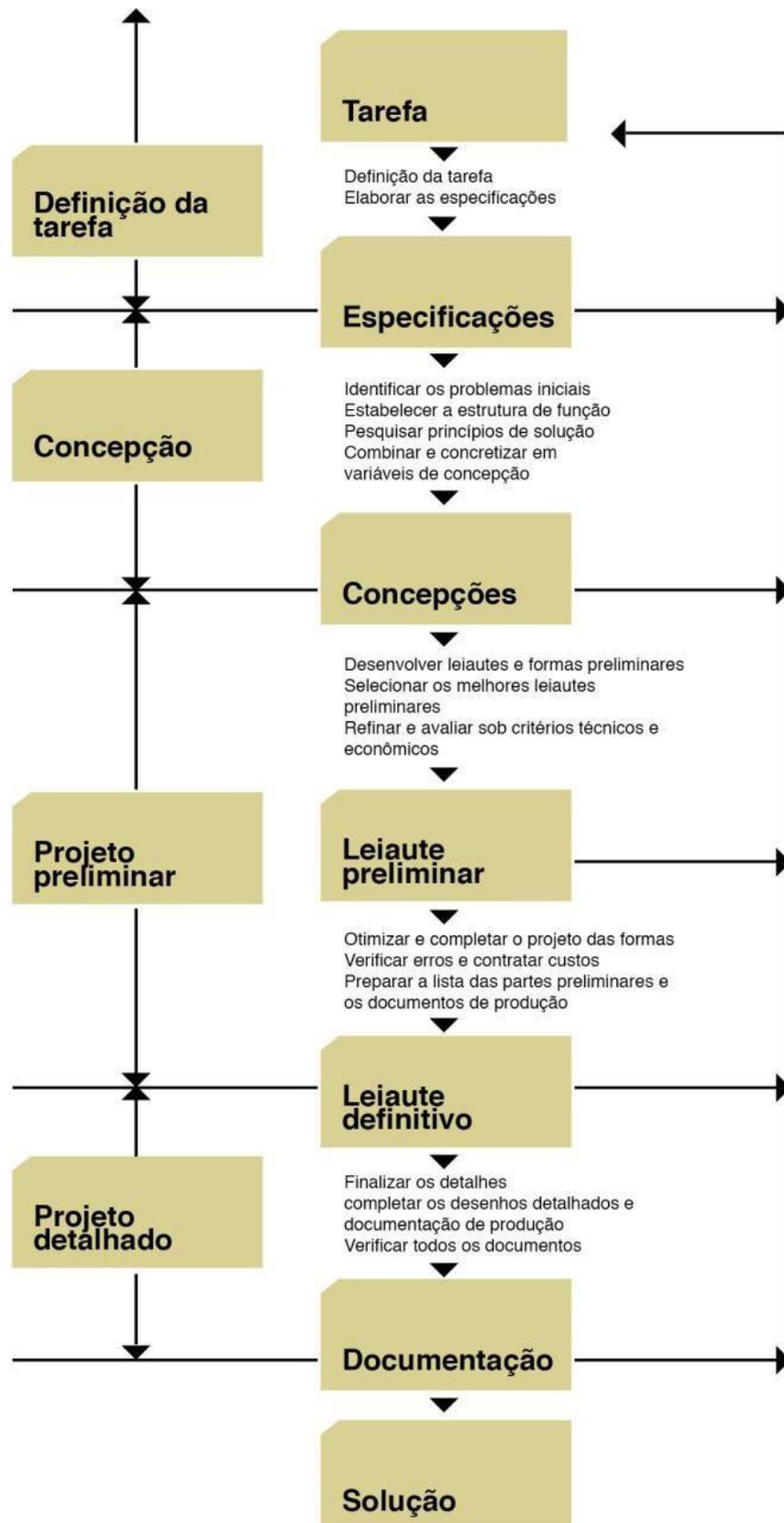


Fonte: Bonsiepe et al. (1984). Adaptado por Medeiros (2012).

Segundo Medeiros (2012), no esquema apresentado por Munari (1998), o entendimento do consumidor está nas etapas que competem à coleta e análise de dados. Pode-se perceber também que as etapas de experimentação, modelo e verificação podem atingir um diálogo com esse consumidor. Cada etapa está sujeita a alterações devido a decisões tomadas na etapa anterior e determinados detalhes surgem e são desenvolvidos. O conceito do produto tende a ficar mais claro a cada novo ciclo. Com essas alterações, o projetista percebe novas oportunidades e problemas que vão sendo incorporados ao projeto, evitando surpresas na fase de lançamento do produto (MUNARI, 1998).

- **Pahl e Beitz (1996)** – Originário da engenharia, este método exige dois tipos de conhecimento pelo projetista. O conhecimento das soluções técnicas, ou seja, de como fazer, e o conhecimento de projeto, ou seja, de como proceder. Com isso, toda capacidade intelectual do projetista é utilizada na execução do processo. No método exposto pelos autores, cada etapa é constituída por atividades e objetivos que devem ser atingidos até a solução final, segue o método na figura 7.

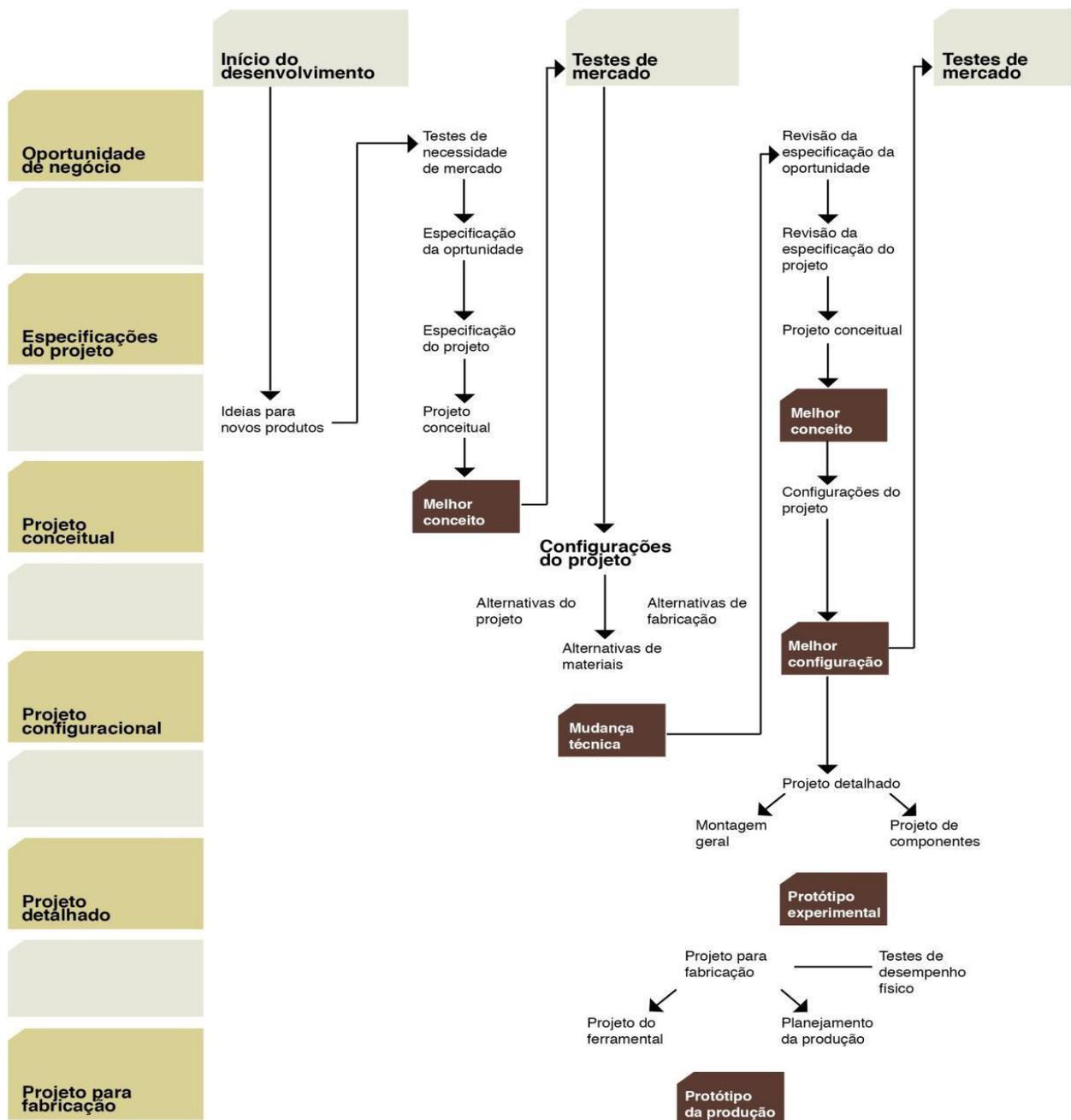
Figura 7. Método Pahl e Beitz



Fonte: Pahl e Beitz. (1996). Adaptado por Medeiros (2012).

- **Baxter (1998)** – Medeiros (2012) descreve que o autor explora o maior número de conceitos e detalhamento do processo como visto em seu método na figura 8. Baxter (1998) observa que as atividades não seguem um fluxo linear, são marcadas por avanços e retornos, em uma espiral ascendente em que, a cada nova interação, acabam por refletir uma certa linearidade de ações permeada por avaliações periódica.

**Figura 8. Método Baxter**



Fonte: Baxter. (1998). Adaptado por Medeiros (2012).

Em sua estrutura, o autor aborda questões mercadológicas e de planejamento, valorizando o design e integrando-o com a gestão organizacional. Mesmo assim, é uma estrutura fechada, não indicando ações que envolvam ergonomia e venda do produto.

- **Löbach (2001)** – Nas palavras de Medeiros (2012) para Lobach, quanto mais se desdobra o problema mais possibilidades de novas soluções. Sua abordagem envolve quatro fases principais como pode ser visto na figura 9 e dentro de cada uma são discutidas análises e avaliações pertinentes às fases.

**Figura 9 Método Löbach**

<b>Processo Criativo</b>	<b>Solução do problema</b>	<b>Processo de Design</b>
<b>Fase de preparação</b>	<b>Análise do problema</b> Conhecimento do problema Coleta de informações Análise das informações  Definição do problema, classificação do problema, definição de objetivos	<b>Análise do problema de design</b> Análise da necessidade Análise da relação social análise da relação com o ambiente Desenvolvimento histórico Análise de mercado Análise da função Análise estrutural Análise de configuração Análise de materiais e processos de fabricação Patentes, legislação e normas Análise de sistemas produtivos Distribuição, montagem, serviço a clientes, manutenção Descrição das características do novo produto Exigências para com o novo produto
<b>Fase de geração</b>	<b>Alternativas do problema</b> Escolha dos métodos de solucionar problemas, produção de ideias, geração de alternativas	<b>Alternativas de design</b> Conceitos de design Alternativas de solução Esboços de ideias Modelos
<b>Fase de avaliação</b>	<b>Avaliação das alternativas do problema</b> Escolha dos métodos de solucionar problemas, produção de ideias, geração de alternativas	<b>Avaliação das alternativas de design</b> Conceitos de design Alternativas de solução Esboços de ideias Modelos
<b>Fase de realização</b>	<b>Realização das soluções do problema</b> e nova avaliação da solução	<b>Solução de design</b> Projeto mecânico e estrutural Configuração dos detalhes Desenvolvimento de modelos Desenho técnico e de representação Documentação do projeto e relatórios

Fonte: Löbach. (2001). Adaptado por Medeiros (2012).

Existem outras metodologias e muitas outras misturas dos métodos descritos aqui, neste resumo, nos ateremos aos métodos que serviram como base para criação do método utilizado no estudo de caso em questão.

### **3. METODOLOGIA**

Para realizar o estudo comparativo entre a adaptação antiga e o novo produto foi necessário fazer o levantamento de dados dos dois produtos, estabelecer os parâmetros para o dimensionamento estrutural e ergonômico do novo aparato e executar testes para determinar o conforto, design e ergonomia do novo produto. Neste capítulo, são descritos o tipo de pesquisa, os métodos, os procedimentos, os testes e o tipo de abordagem adotada para a realização do presente trabalho.

#### **3.1 Quanto ao objetivo**

Como o objetivo desse trabalho envolve o desenvolvimento de um novo produto, o tipo de pesquisa adotado para coleta desses dados foi a pesquisa bibliográfica, através de catálogos de fabricantes de Tecnologia assistiva, informativos de fornecedores e manuais de fabricação de associações como a ABRELA e a APAE. Buscando base para o desenvolvimento do presente trabalho, foi realizada uma pesquisa sobre as especificações técnicas, as características de fabricação e de montagem, as aplicações, o histórico e as vantagens e desvantagens da adaptação anterior e a da nova adaptação criada.

O método de desenvolvimento de produto é o estudo de caso, uma vez que a análise é desenvolvida para uma determinada paciente, levantando-se as características do sistema de Tecnologia assistiva empregado para a solução do problema proposto, tais como escolha dos materiais, design da adaptação, geometria e dimensionamento mecânico, a fim de se realizar o dimensionamento do sistema ergonômico de maneira efetiva. Tal procedimento é necessário para que a iteração final da adaptação seja adequada para a função que ela irá desempenhar, dentro dos parâmetros corretos.

#### **3.2 Quanto à abordagem do problema**

O estudo tem uma abordagem qualitativa, pois foram avaliados dados como conforto, estabilidade e ergonomia do produto, porém uma análise de custo em relação ao principal fabricante e o valor do aparato anterior foi feita para possibilitar uma análise de da nova proposta de produto.

Para determinar o custo do produto, os dados foram levantados com a própria paciente e com os fabricantes de uma adaptação semelhante, respectivamente. Para determinar o conforto do produto, foi necessário criar uma ficha de avaliação onde a paciente foi capaz de determinar através de uma série de questionamentos, o bem estar gerado pela adaptação e permitindo assim, quantificar a qualidade do produto, guiando os passos para as próximas interações.

O método de desenvolvimento do produto escolhido fora elaborado pelo autor e já foi utilizado na criação de mais de 12 produtos de Tecnologia assistiva e vem tendo resultados positivos em relação ao custo benefício e quantidades de interações necessárias até o produto final.

#### 4. MÉTODO DINÂMICO DE CONCEPÇÃO DE PRODUTOS

Neste capítulo é apresentada a metodologia utilizada para a concepção do produto ao qual o estudo de caso objetiva este trabalho. Apresentam-se as ferramentas utilizadas no processo, como são divididas as fases e como o ciclo de concepção de produto funciona. Como o objetivo do trabalho não é explicitar cada análise do método, e sim a aplicação da metodologia como um todo, não serão demonstradas as análises específicas neste capítulo, sendo somente vistas como aplicação no estudo de caso.

A utilização do termo metodologia dinâmica ocorre, pois o método permite mudanças em todos os aspectos da análise a qualquer momento em sua utilização. A metodologia foi inspirada no método de Lobach e Schenk, porém utiliza ferramentas da qualidade para guiar os passos dos processos, inspirando-se nos métodos de resolução de problemas DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) e PDCA (*Plan, Do, Check, Action*). Como se pode observar na tabela 7, o método divide-se em quatro fases como a de Lobach, porém a fase final do processo é avaliativa, como no PDCA, permitindo assim, que se gere um ciclo de melhoria continua entre as fases de geração, realização e avaliação.

**Tabela 7. Método Dinâmico de Concepção de Produtos**

PROCESSO CRIATIVO	SOLUÇÃO DO PROBLEMA	PROCESSO DETALHADO	MÉTODOS DE ANÁLISE
FASES	ANÁLISE DO PROBLEMA		METODOLOGIAS
(FASE 1) FASE DE PREPARAÇÃO	CONHECENDO AS NECESSIDADES	COLETA DE NECESSIDADES	ENTREVISTA
			OBSERVAÇÃO
		RELATÓRIOS CLÍNICOS	
		ESPECIALISTA	
		ANÁLISE DE NECESSIDADES	MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO
	ANÁLISES DO PROBLEMA	ANÁLISE FUNCIONAL	MÉTODO DE DECOMPOSIÇÃO POR FUNÇÃO
		ANÁLISE ESTRUTURAL	ANÁLISE ERGONOMICA
			ANÁLISE BIOMECÂNICA
			ANÁLISE MECÂNICA
		ANÁLISE DE MATERIAIS E PROCESSOS	ANÁLISE DE FLUXO DE PROCESSOS
		ANÁLISE DE MATERIAIS	
ANÁLISE NORMATIVA	ANÁLISE DE LEGISLAÇÃO, NORMATIZAÇÃO E PATENTES		

Tabela 7. Cont. Método Dinâmico de Concepção de Produtos

(FASE 2) FASE DE GERAÇÃO	IDENTIFICANDO O PROBLEMA	IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DO PROBLEMA	DIAGRAMA DE ISHIKAWA
		IDENTIFICAÇÃO DA RAIZ DO PROBLEMA	5 PORQUÊS
		ESTABELECIMENTO DE META GERAL E ESPECÍFICA	METÓDO SMART
	PLANO DE AÇÃO	DEFINIÇÃO DO PLANO DE AÇÃO PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	5W2H
		DEFINIÇÃO DO DESIGN DO PRODUTO	MÉTODO 10 CONCEPTS
		DEFINIÇÃO DO PROJETO MECÂNICO	FICHA TÉCNICA DE DESIGN MECÂNICO
		DEFINIÇÃO DO PROJETO DE FABRICAÇÃO	FICHA TÉCNICA DE FABRICAÇÃO
(FASE 3) FASE DE REALIZAÇÃO	REALIZAÇÃO DA SOLUÇÃO	CRIAÇÃO DO PROJETO	CRIAÇÃO DO CONCEITO DIGITAL
			DESENVOLVIMENTO DE MODELOS
			PROGRAMAÇÃO DA MANUFATURA
	EXECUÇÃO DO PROJETO	PROTOTIPAGEM RÁPIDA	
		MANUFATURA	
(FASE 4) FASE DE AVALIAÇÃO	AVALIANDO A META GERAL E ESPECÍFICA	AVALIAÇÃO QUALITATIVA	FORMULÁRIO DE CONFORTO
			FOLHA DE VERIFICAÇÃO CLÍNICA
		AVALIAÇÃO QUANTITATIVA	FOLHA DE VERIFICAÇÃO ERGONOMICA
			FOLHA DE VERIFICAÇÃO BIOMECÂNICA
			FOLHA DE VERIFICAÇÃO MECÂNICA
	FOLHA DE VERIFICAÇÃO DE NORMATIZAÇÃO		
AVALIAÇÃO FINAL	AVALIAÇÃO FINAL	FOLHA DE ACEITAÇÃO	

Fonte: Elaborada pelo autor.

Na fase de preparação, foca-se em entender o problema e levantar o máximo de dados possíveis do desafio posto em questão. A metodologia de aquisição de dados é dividida em qualitativa (Coleta e análise de necessidades) e quantitativa (Análises do problema proposto). Durante a Fase de geração, filtram-se as análises exploratórias, identificam-se as causas do problema, o problema raiz, traçam-se as metas de resolução e posteriormente o plano de ação para resolução do problema. Na fase de realização é hora de por em prática o plano de ação proposto, e é nesta fase em que as ferramentas de modelagem 3D,

escaneamento e fabricação digital se fazem presentes. No momento de execução do projeto, a manufatura digital, através de processos como fresagem CNC (Comando Numérico Computadorizado), impressão 3D, soldagem automatizada e tantas outras tecnologias viabilizam os conceitos criados. A fase avaliativa é feita utilizando folhas de verificação para as análises quantitativas e um formulário de conforto para a análise qualitativa. O “double check” é feito na folha de aceitação, quando todos os requisitos de projeto são revistos e conferidos. Só então a entrega é feita.

A metodologia dinâmica de concepção de produtos mostrada na tabela 7 foi desenvolvida para a utilização na área de Tecnologia assistiva e compila todos os mecanismos necessários para a elaboração de qualquer adaptação de TA. O fluxo dos processos utilizados no estudo de caso presente segue o fluxograma generalista do método para a elaboração de produtos para TA e é descrito na figura 10.

**Figura 10. Fluxograma do ciclo de concepção de produto**



Fonte: Elaborada pelo autor.

O ciclo de concepção de produtos é formulado para estar em contínua melhoria. As fases do processo permitem, assim como no PDCA, que cada fase seja iterativa, ou seja, que em cada ponto do processo, possa-se criar um subciclo de concepção para um determinado fator crítico ou relevante. Normalmente, as iterações de melhoria de projeto e produto seguem esta diretriz.

## 5. APLICAÇÃO DO MÉTODO: ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentada a metodologia aplicada a um estudo de caso de concepção e fabricação de um mecanismo de Tecnologia assistiva. Aqui compilaremos as principais informações de cada fase do processo para cada iteração, resumindo os dados necessários para um bom entendimento dos resultados e discussão do capítulo 6. A fase avaliativa é abordada no capítulo 7, visto que esta fase é somente de avaliação dos resultados da solução criada.

### 5.1 Definição do Problema – Estudo de caso

No caso estudado, a paciente sofre com a doença há quase cinco anos, apresenta fraqueza, atonia muscular, disfagia, disartria e apresenta algumas escaras devido ao longo período parado que passa tanto acamada quanto em cadeira de rodas. A paciente ainda respira sem a necessidade de aparelhos, porém perdeu a capacidade de sustentação da cabeça devido a perda progressiva da força muscular. O mecanismo criado deve atender as necessidades do paciente prevendo a degradação muscular e nervosa futura.

O objetivo do estudo de caso é elaborar um mecanismo de sustentação cervical que seja acoplado à base da cadeira de rodas e atue na retirada da ação da força da gravidade na junção cabeça-pescoço e permita o deslocamento horizontal da cabeça em relação ao eixo sagital.

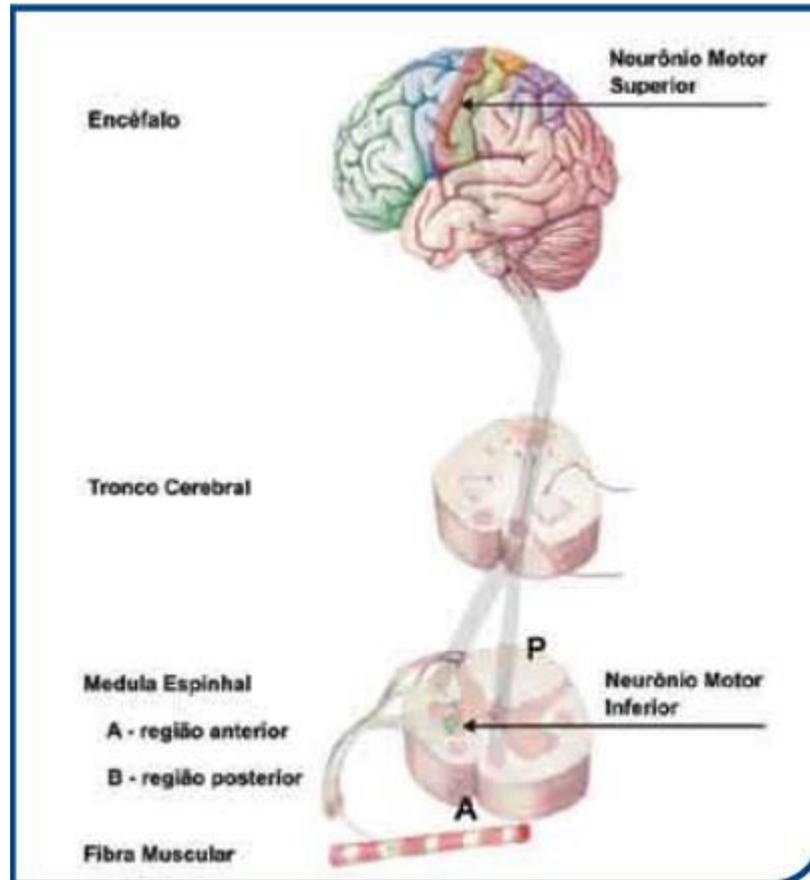
#### 5.1.1 Entendendo o Problema – Esclerose Lateral Amiotrófica

ELA, também conhecida como Doença de Lou Gehrig, é uma doença neurológica que causa paralisia progressiva em praticamente todos os músculos esqueléticos, comprometendo a motricidade dos membros, a fala, a deglutição e até mesmo, a respiração, é de natureza fatal. Os pacientes frequentemente vivem de 3 a cinco anos após o início dos sintomas. Não há, em geral, qualquer comprometimento da consciência e da inteligência.

Dois tipos de neurônios motores são afetados na ELA: neurônios motores superiores (NMS) ou primeiro neurônio (células de Betz), os quais estão localizados na área

motora no cérebro (giro pré-central); neurônios motores inferiores (NMI), ou segundo neurônio, que estão localizados no tronco cerebral e na porção anterior da medula espinhal.

**Figura 11. Amostragem clínica dos pontos chaves da doença**



Fonte: ABRELA, 2014.

Os NMS regulam a atividade dos NMI, através do envio de mensagens químicas (neurotransmissores). A ativação dos NMI permite a contração dos músculos voluntários do corpo. Os NMI no tronco cerebral ativam músculos da face, boca, garganta e língua. Os NMI na medula espinhal ativam todos os outros músculos voluntários do corpo, tais como aqueles dos membros (superiores e inferiores), tronco, pescoço, bem como do diafragma.

Os pacientes acometidos da doença variam em estágios desde pequenos problemas motores na fase inicial, até a perda total dos movimentos do corpo em estágio final. A doença é fatal e degenerativa, não existe cura e os tratamentos ainda estão sendo desenvolvidos.

## 5.2 Fase de Preparação

A fase de preparação é dividida em análises qualitativas e quantitativas, para fins de organização, as informações serão resumidas e expostas em tabelas referentes a cada etapa proposta.

### 5.2.1 Coleta e Análise de Necessidades

Neste tópico relacionam-se os dados expostos em entrevista com a paciente, observação da solução anterior, relatórios clínicos e conversa com a especialista responsável pelo serviço e compilam-se estes dados classificando-os de acordo com o método de classificação de necessidades como descrito na tabela 8.

**Tabela 8. Classificação das necessidades – Análise qualitativa**

Fase I		
Classificação de Necessidades		
Necessidades Explícitas	Necessidades Implícitas	Necessidades latentes
Adaptação confortável	Prática	Retirar a gravidade da estrutura do pescoço
Baixo custo	Fácil Utilização	Ser acoplável a cadeira de rodas
Resistente	Fácil higienização	Ser personalizada para a paciente
Segura	Encaixe adaptável	Ter possibilidade de ajuste de tamanho e posição
Lavável	Diferentes pontos de ajuste	
Hipoalérgica		
Forte		
Fácil de tirar e colocar		
não aperte a cabeça	Ergonômica	
Estável		
Durável		
Possibilite ajustes		

Fonte: Elaborada pelo autor.

As necessidades explícitas são rapidamente visualizadas, normalmente o paciente que as traz, é o que ele espera da adaptação. As implícitas são provenientes da observação das necessidades do paciente, e as latentes são as necessidades técnicas, que normalmente não são ditas, porém são comuns nos relatórios ou pelos conselhos do especialista.

Uma vez coletadas as necessidades, é hora de priorizar quais são as necessidades relevantes para a resolução do problema em questão. Para isso, utilizamos a ferramenta de Matriz de Priorização, aferindo uma pontuação de relevância para determinadas classes de necessidades e classificando as necessidades apresentadas através da pontuação criada, como demonstrada na tabela 9.

**Tabela 9. Classificação das necessidades – Matriz de Prioridades**

Fase I				
Análise de Necessidades - Matriz de Priorização - Pontuação de 0 - 10				
Necessidades Apresentadas	Necessário para o funcionamento (peso = 3)	Aumenta a qualidade de vida do usuário (peso = 2)	Aumenta a vida útil do equipamento (peso = 1)	TOTAL
Adaptação confortável	1	10	1	24
Baixo custo	5	5	10	35
Resistente	5	1	10	27
Segura	7	8	8	45
Lavável	1	10	8	31
Hipoalergênica	1	10	8	31
Forte	5	1	10	27
Fácil de tirar e colocar	7	9	4	43
não aperte a cabeça	7	9	1	40
Estável	7	9	7	46
Durável	3	5	10	29
Possibilite ajustes	5	9	3	36
Bonita	1	9	1	22
leve	1	9	1	22
Ergonomica	7	10	1	42
Retirar a gravidade da estrutura cabeça - pescoço	10	10	1	51

**Tabela 9. Cont. Classificação das necessidades – Matriz de Prioridades**

Ser acoplável a cadeira de rodas	10	10	10	60
Ser personalizada para a paciente	8	10	1	45
Ter possibilidade de ajuste de tamanho e posição	8	10	8	52
Prática	7	10	3	44
Fácil Utilização	8	9	9	51
Fácil higienização	8	10	10	54

Fonte: Elaborada pelo autor.

A matriz foi dividida em três ponderações com três pesos diferentes, levando em consideração o que era mais importante para a elaboração do projeto. Cinco necessidades se localizaram acima do limite estipulado (50 pontos) e serão utilizadas como diretrizes de necessidades qualitativas para o desenvolvimento do projeto junto às análises quantitativas.

### **5.2.2 Análises do Problema**

Neste tópico serão abordadas as análises feitas a respeito do ambiente, do paciente e dos aspectos que envolvem as necessidades relativas ao problema proposto.

#### **5.2.2.1 Análise Funcional**

A análise funcional tem como objetivo vislumbrar quais serão as funcionalidades que a adaptação tem de exercer para solucionar um ou mais necessidades expostas. Nesta análise, utiliza o método de decomposição de necessidades por função, como é apresentado na tabela 10

Tabela 10. Análises do Problema – Método de decomposição por função

Fase I			
Análise de Necessidades - Matriz de Priorização - Pontuação de 0 - 10			
Necessidades Apresentadas	Funcionalidade à recuperar	Função à criar	Auxílio Visual
Retirar a gravidade da estrutura cabeça - pescoço	Possibilidade de olhar para os lados utilizando a musculatura cervical	Dispositivo para suporte do peso da cabeça sem o comprometimento dos movimentos do pescoço	
Ser acoplável a cadeira de rodas	Possibilidade de acoplamento a cadeira de rodas	Dispositivo de encaixe cadeira - suporte	-
Ter possibilidade de ajuste de tamanho e posição	Possibilidade de ajustar a diferentes posições na cadeira e cabeça	Dispositivo regulável	-
Fácil Utilização	-	Dispositivo com poucos mecanismos, intuitivo.	-
Fácil higienização	-	Dispositivo facilmente lavável	-

Fonte: Elaborada pelo autor.

Através desta análise, tem-se uma ideia de quais serão os mecanismos a serem criados e quais as funções que eles terão dentro do aparato final.

### 5.2.2.2 *Análise Estrutural*

Na análise estrutural, apresentam-se os estudos convenientes aos problemas apresentados, quais são as preocupações e limitações do projeto em relação à ergonomia, biomecânica e mecânica na concepção e fabricação do aparato, para fins deste estudo, as atribuições ergonômicas estarão dispostas na tabela 11.

Tabela 11. Análises do Problema – Análise Ergonômica

Fase I		
Análise de Problemas – Análise Ergonômica		
Problema Discutido	Considerações pertinentes sobre o problema	Sugestão de adaptação
Retirar a gravidade da estrutura cabeça - pescoço	Lida(2008) fala sobre a as dores e fadiga decorrentes de uma má postura referente a inclinação da cabeça. Uma postura errada pode provocar fadiga rápida dos músculos do pescoço e do ombro, devido, principalmente, ao momento (no sentido da física) provocado pela cabeça, que tem um peso relativamente elevado (4 a 5 kg). As dores no pescoço começam a aparecer quando a inclinação da cabeça, em relação a vertical, for maior que 30°.	Deve-se tomar providencias para restabelecer a postura vertical da cabeça, de preferência com até 20° de inclinação, fazendo-se ajustes na altura da cadeira, mesa ou localização da peça. Se isso não for possível, qualquer atividade deve ser programada de modo que a cabeça seja inclinada o menor tempo possível e seja intercalada em pausas de relaxamento, com a cabeça voltando a sua posição vertical.
Paciente em cadeira de rodas a maior parte do dia	De acordo com Lida (2008) O corpo entra em contato com o assento praticamente só através de sua estrutura óssea. Esse contato é feito por dois ossos de forma arredondada, situados na bacia chamados de tuberosidades isquiáticas, que se assemelham a uma pirâmide invertida, quando vistos de perfil com duas protuberâncias que distam, entre si, de 7 a 12 cm. Essas tuberosidades são cobertas apenas por uma fina camada de tecido muscular e uma pele grossa, adequada para suportar grandes pressões. Em apenas 25 cm <sup>2</sup> de superfície da pele sob as tuberosidades concentram-se 75% do peso total do corpo humano.	Um estofamento pouco espesso, de 2 a 3 cm, colocado sobre uma base rígida, que não se afunde com o peso do corpo, ajuda a distribuir a pressão e proporcionar maior estabilidade ao corpo, contribuindo para a redução do desconforto e da fadiga. Levando em conta que estudos mostraram que uma leve camada de estofamento foi capaz de reduzir cerca de 400% da pressão máxima na região. Contudo, o aumento desse estofamento não melhora o conforto, ao contrário, pode prejudica-lo.

Fonte: Elaborada pelo autor.

As disposições a respeito das análises biomecânicas estão presentes na tabela 12.

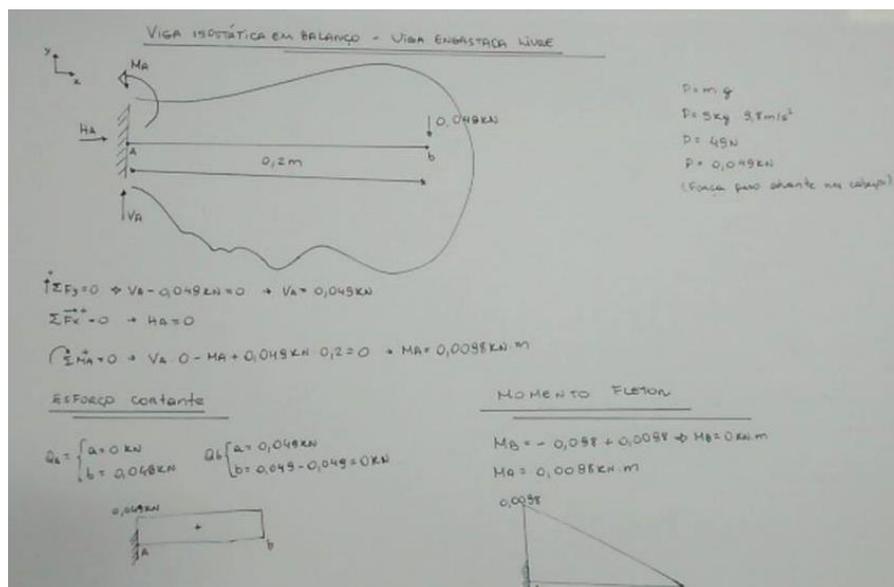
**Tabela 12. Análises do Problema – Análise Biomecânica**

Fase I		
Análise de Problemas – Análise Biomecânica		
Problema Discutido	Considerações pertinentes sobre o problema	Sugestão de adaptação
Retirar a gravidade da estrutura cabeça - pescoço	Quando perdemos a tenacidade muscular na região cervical, estamos suscetíveis a movimentos que excedem os limites da musculatura. Estes movimentos são chamados de Hiperflexão e Hiperextensão Cervical. A flexão excessiva e forçada e extensão do pescoço além de seus limites normais podem causar lesões de contragolpe na região cerebral, sem contar as lesões provenientes do impacto muscular causado pelos movimentos bruscos que podem ser ocasionados por qualquer falha de um aparato de suspensão da cabeça.	A adaptação tem que pensar num modo de proteção da musculatura cervical e não pode falhar.

Fonte: Elaborada pelo autor.

As disposições a respeito das análises mecânicas foram feitas tendo como base uma análise estática como demonstrado na figura 12.

**Figura 12. Análise estática das forças cisalhantes e momento fletor no pescoço**



Fonte: Elaborada pelo autor.

O ponto de encastramento foi localizado na região da vertebra C VII, calculou-se o esforço cortante na seção das vertebra do pescoço a considerando como uma barra, sendo assim, calculando a tendência de cortar a barra nesta seção da vertebra escolhida, através das forças que atuam na barra, de um lado e de outro da seção considerada. Calculou-se também o momento fletor na seção escolhida considerando toda a estrutura como uma barra, ou seja, calculou-se o esforço que tende a deformá-la por flexão, girando-a em torno de um eixo normal ao eixo da barra, nesta seção.

### 5.2.2.3 *Análise de Materiais e Processos*

A análise dos materiais e processos é baseada nas necessidades objetivo e vislumbram quais materiais seriam mais interessantes para cada aplicação e quais serão os possíveis processos a serem utilizados na fabricação das soluções e podem ser vistos na tabela 13.

**Tabela 13. Análises do Problema – Análise Materiais e Processos**

<b>Fase I</b>		
<b>Análise de Problemas - Materiais e Processos</b>		
<b>Necessidades Apresentadas</b>	<b>Materiais</b>	<b>Processos</b>
Retirar a gravidade da estrutura cabeça - pescoço	Estrutura metálica, adaptação em eva, estruturas em alumínio para fixação da cabeça.	Soldagem, furação, colagem, rebitagem, fixação por parafuso, impressão 3D.
Ser acoplável a cadeira de rodas	Acoplamento por jogo sem interferência, utilização de gatilho ou trava para fixação.	
Ter possibilidade de ajuste de tamanho e posição	Ajuste utilizando a plasticidade dos materiais para ajuste na cabeça. Na base da cadeira, utilizar parafusos com travas manuais.	

**Tabela 13. Cont. Análises do Problema – Análise Materiais e Processos**

Fácil Utilização	Ajuste feito em velcro, fácil de tirar e colocar.	
Fácil higienização	Todos os materiais podem ser molhados.	

Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **5.2.2.4 Análise Normativa**

Analisando as normativas brasileiras que definem as diretrizes para nomenclatura e permissões para a Tecnologia assistiva, temos o Decreto nº 3.298/1999 que define no seu inciso VII os seguintes parâmetros para Tecnologia assistiva:

VIII - adaptações ambientais e outras que garantam o acesso, a melhoria funcional e a autonomia pessoal;

Parâmetros estes que enquadram a adaptação em questão, podendo assim, ser denominada de Tecnologia assistiva o aparato a ser criado.

### **5.3 Fase de Geração**

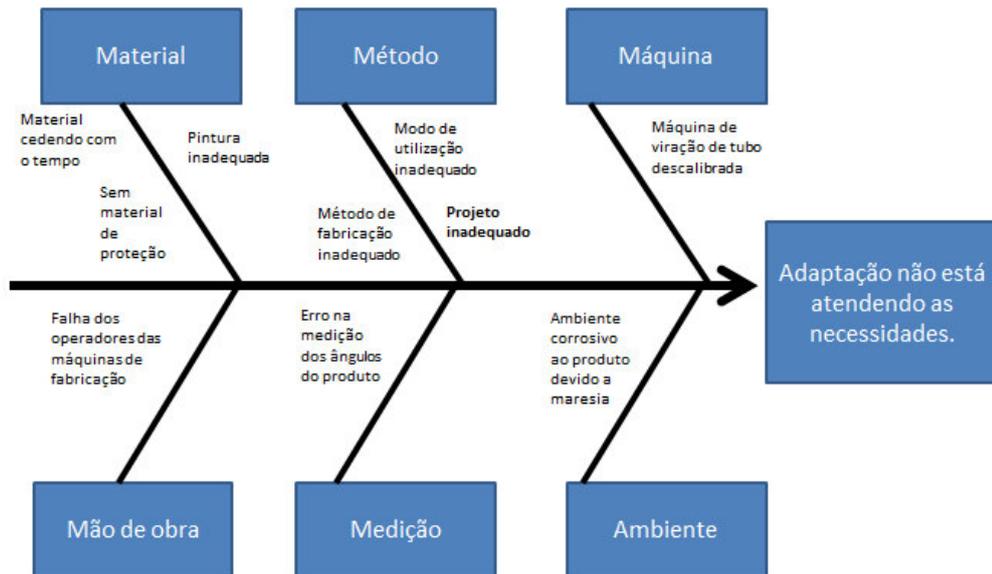
A fase de preparação é dividida em identificação do problema e plano de ação, para fins de organização, as informações serão resumidas e expostas em tabelas referentes a cada etapa proposta.

#### **5.3.1 Identificação das Causas do Problema**

Nesta etapa, iremos trabalhar as causas do problema, que neste caso, concernem a inadequação da adaptação anterior. O objetivo da análise é identificar porque ela não atendeu as necessidades do paciente e quais suas causas. Para esta identificação, utilizou-se o diagrama de Ishikawa, criado exatamente com esta finalidade, ele descreve as causas, dividindo-as em 6 grupos e nos permite uma melhor visualização das subcausas como

demonstrado na figura 13. Através do diagrama, definiu-se que a adaptação anterior tinha como causa principal um projeto inadequado.

**Figura 13. Análise estática das forças cisalhantes e momento fletor no pescoço**

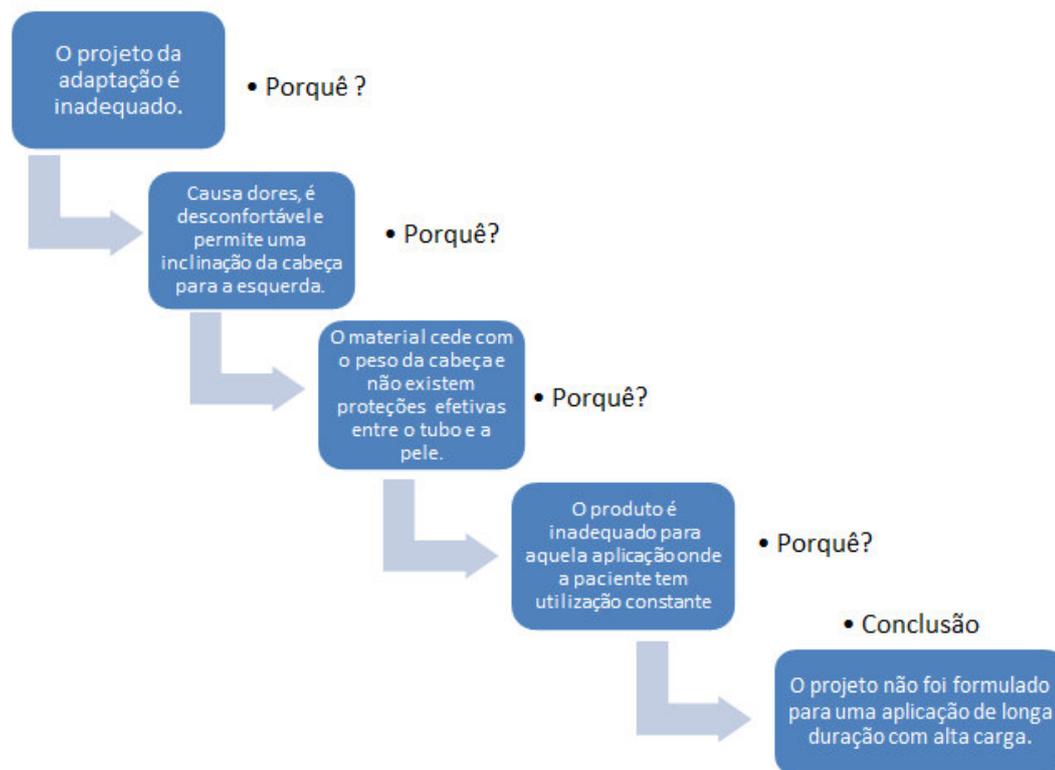


Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.3.2 Identificando a Raiz do Problema

Depois de definirmos a causa do problema, iremos identificar a raiz do problema utilizando a ferramenta dos cinco porquês, que nos permite averiguar a fundo a causa em questão como se pode observar na figura 14.

**Figura 14. Análise dos 5 porquês**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Através da ferramenta, entende-se qual a real causa do problema do antigo projeto e concluir que devemos utilizar um novo conceito para resolução do problema, e não tentar ajustar o antigo.

### 5.3.3 Estabelecimento de Meta Geral e Específica

Uma vez que definimos as variáveis de trabalho do problema, é hora de estipular um cronograma e o que se espera do projeto. A ferramenta SMART (A palavra é um acrônimo para as palavras *Specific, Measurable, Attainable, Relevant e Time Bound.*) nos auxilia a determinar todos os aspectos de estabelecimento de metas e cronograma, como pode ser visto na tabela 14.

Tabela 14. Análise SMART

<b>S = (SPECIFIC) ESPECÍFICOS – OBJETIVO ESPECÍFICO</b>	
Quem: Quem está envolvido?	Hospital Waldemar de Alcântara - PAD
	Print3D - Ítalo Neves
Qual: O que eu gostaria de realizar?	Adaptação para suspensão de cabeça
Onde: Identificar uma localização.	Adaptação anexa a cadeira de rodas da paciente
Quando: Estabelecer um calendário.	Início: 02/02/2017
	FIM: 06/06/2017
Quais: Identificar necessidades e limitações.	Consultar análises
Por que: razões específicas, propósito ou os benefícios de se realizar a meta.	Melhorar a qualidade de vida da paciente.
<b>M = (MEASURABLE) MENSURÁVEIS – INDICADORES</b>	
Em quanto tempo quero atingir esta meta?	5 meses
Quando quero cumprir esta meta?	06/06/2017
Como vou saber quando estará cumprida?	Fase Avaliativa
<b>A = (ATTAINABLE) ATINGÍVEL – MÁXIMO ESPERADO</b>	
Objetivo principal	Proporcionar a paciente o movimento de rotação de cabeça através do pescoço novamente.
Objetivo secundário	Adaptação acoplável na cadeira de rodas
	Ajustável
	Facilmente utilizável
	Facilmente Higienizável
	Tornar a adaptação confortável
<b>R = (REALISTIC) REALISTAS – MÍNIMO ESPERADO</b>	
Objetivo principal	Proporcionar a paciente o movimento de rotação de cabeça através do pescoço novamente.
Objetivo secundário	Facilmente Higienizável
<b>T = (TIME-BOUND) TANGÍVEL-PERÍODO DE TEMPO.</b>	
FASE I	02/17 a 03/17
FASE II	03/17 a 04/17
FASE III	04/17 a 05/17
FASE IV	05/17 a 06/17
ENTREGA	06/06/2017

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.3.4 Definição do Plano de Ação para Resolução de Problemas

Neste momento, passa-se para a segunda parte da fase de geração, onde o plano de ação é determinado e inicia-se utilizando a ferramenta 5W2H, que é uma ferramenta da qualidade a qual utiliza perguntas, como onde, como, quando, por que, quem e quanto com a finalidade de registrar de maneira organizada e planejada como serão efetuadas as ações. No nosso estudo de caso a utilização da ferramenta pode ser vista na tabela 15 criando um plano de ação geral para a concepção e fabricação do protótipo.

Tabela 15. Análise 5W2H

5W2H							
OBJETIVO	CONCEPÇÃO E FABRICAÇÃO DE ADAPTAÇÃO PARA SUSPENSÃO DE CABEÇA.						
	O quê?	Por quê?	Quem?	Quando?	Onde?	Como?	Quanto?
	ATIVIDADE	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	DATA	LOCAL	COMO	CUSTO
1	COLETA DE NECESSIDADES	Identificar as necessidades do paciente	Ítalo Neves	15/2	Casa do Paciente	Entrevista com a paciente, observação da paciente com a antiga adaptação, relatórios clínicos e auxílio do especialista.	300,00
2	ANÁLISE DE NECESSIDADES	Definir as prioridades entre as necessidades	Ítalo Neves	16/2	EMPRESA	Matriz de priorização	0,00
3	ANÁLISE FUNCIONAL	Delimitar as funções necessárias da adaptação	Ítalo Neves	17/2	EMPRESA	Método de decomposição por função	0,00
4	ANÁLISE ESTRUTURAL	Analisar em diferentes níveis o problema	Ítalo Neves	18/2	EMPRESA	Análise ergonômica, análise biomecânica, análise mecânica	0,00

Tabela 15. Cont. Análise 5W2H

5	ANÁLISE DE MATERIAIS E PROCESSOS	Analisar quais os materiais e métodos de fabricação disponíveis e aplicáveis	Ítalo Neves	19/2	EMPRESA	Análise de materiais e análise de processos	0,00
6	ANÁLISE NORMATIVA	Analisar a legislação que rege o problema	Ítalo Neves	20/2	EMPRESA	Análise de legislação, normatização e patentes.	0,00
7	IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DO PROBLEMA	Identificar as caudas do problema foco	Ítalo Neves	5/3	EMPRESA	Diagrama de Ishikawa	0,00
8	IDENTIFICAÇÃO DA RAIZ DO PROBLEMA	Identificar a raiz do problema	Ítalo Neves	6/3	EMPRESA	5 porquês	0,00
9	ESTABELECIMENTO DE META GERAL E ESPECÍFICA	Definir a meta geral e específica do projeto	Ítalo Neves	7/3	EMPRESA	Método Smart	0,00
10	DEFINIÇÃO DO PLANO DE AÇÃO PARA RESOLUÇÃO DO PROBLEMA	Criação de um plano de ação para resolução do problema	Ítalo Neves	8/3	EMPRESA	5W2H	0,00
11	DEFINIÇÃO DO DESIGN DO PRODUTO	Criação de conceitos para escolha de uma solução	Ítalo Neves	20/3	EMPRESA	Método 10 Concepts	60
12	DEFINIÇÃO DO PROJETO MECÂNICO	Criação do design mecânico do conceito	Ítalo Neves	21/3	EMPRESA	Ficha técnica de design	0,00
13	DEFINIÇÃO DO PROJETO DE FABRICAÇÃO	Criação de metodologia de fabricação do design mecânico	Ítalo Neves	22/3	EMPRESA	Ficha técnica de Fabricação	0,00
14	CRIAÇÃO DO PROJETO	Criar um modelo 3D	Ítalo Neves	8/4	EMPRESA	Criação do conceito digital	0,00
15		Criar Modelos para prototipagem	Ítalo Neves	9/4	EMPRESA	Desenvolvimento de Modelos	0,00
16		Programar a fabricação destes modelos	Ítalo Neves	17/4	EMPRESA	Programação da manufatura	0,00

Tabela 15. Conclusão. Análise 5W2H

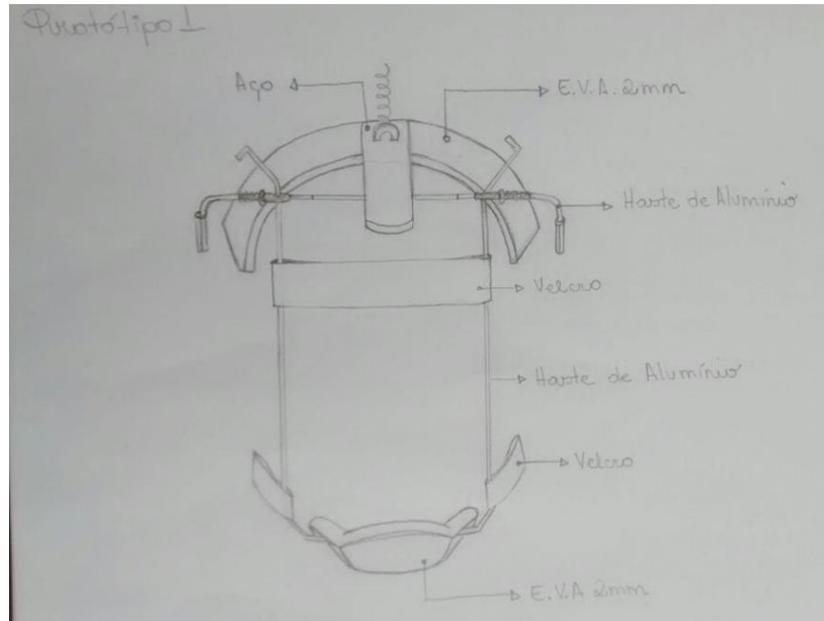
17	EXECUÇÃO DO PROJETO	Fabricar o modelo definido	Ítalo Neves	20/4	EMPRESA	Prototipagem rápida	400,00
18		Finalizar o modelo definido	Ítalo Neves	30/4	EMPRESA	Manufatura	600,00
19	AVALIAÇÃO QUALITATIVA	Avaliar o conforto	Ítalo Neves	30/5	Casa do Paciente	Formulário de conforto	0,00
20		Avaliação do fisioterapeuta ou terapeuta ocupacional responsável	Terapeuta ou Fisioterapeuta	31/5	Casa do Paciente	Folha de verificação clínica	0,00
21	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA	Avaliação Ergonômica	Ítalo Neves	1/6	Casa do Paciente	Folha de verificação ergonômica	0,00
22		Avaliação Biomecânica	Ítalo Neves	2/6	Casa do Paciente	Folha de verificação biomecânica	0,00
23		Avaliação Mecânica	Ítalo Neves	3/6	Casa do Paciente	Folha de verificação mecânica	0,00
24		Avaliação do seguimento das normas	Ítalo Neves	4/6	Casa do Paciente	Folha de verificação de normatização	0,00
25	AVALIAÇÃO FINAL	Avaliação do protótipo final	Ítalo Neves	5/6	Casa do Paciente	Folha de aceitação	0,00
26	ENTREGA	Entregar a adaptação	Ítalo Neves	6/6	Casa do Paciente	Entregar o protótipo	100,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.3.5 Método 10 Concepts

Definidas as etapas do plano de ação concretamente, começa-se a parte de conceituação. Neste momento elabora-se estratégias, baseadas nas análises, de design que possam unir todos os requisitos necessários para alcançar os objetivos traçados pelos projetos. Para conceituar esses rascunhos, utiliza-se a metodologia dos 10 concepts que aborda uma análise criativa de 10 conceitos e escolhe entre eles, o que melhor atende as necessidades do usuário, o conceito escolhido pode ser observado na figura 15.

**Figura 15. Conceito Escolhido**



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.3.6 Ficha Técnica de Componentes do Protótipo

Nesta etapa, explodimos o conceito e detalhamos em componentes, como pode ser visto na tabela 16.

**Tabela 16. Ficha Técnica de Componentes do Protótipo**

FICHA TÉCNICA DE COMPONENTES DO PROTÓTIPO							
QTD	COMPONENTE	MATERIAL	OBJETIVO	RESPONSÁVEL	DATA	LOCAL DE COMPRA	CUSTO
1/2 vara	SUPORE DA CADEIRA	BARRA CHATA 20mmX2mm AÇO 1010	CRIAR UM SUPORE NA CADEIRA DE RODAS PARA ENCAIXE DA ESTRUTURA	Ítalo Neves	18/4	AÇO SHOPPING	30,00
1/2 vara	SUPORE DA CADEIRA	METALON AÇO 1010	ENCAIXE PARA ESTRUTURA DO APARATO	Ítalo Neves	18/4	AÇO SHOPPING	30,00

Tabela 16. Cont. Ficha Técnica de Componentes do Protótipo

1/2 vara	ESTRUTURA DO APARATO DA CABEÇA	METALON AÇO 1010	ESTRUTURAR O APARATO	Ítalo Neves	18/4	AÇO SHOPPING	30,00
3	FIXADORES	FIXADOR MANUAL M6 ABS PRETO	FIXAREM AS PARTES DA ESTRUTURA E DO ENCAIXE	Ítalo Neves	18/4	DRAGÃO DOS PARAFUSOS	10,00
10	FIXADORES	PORCA M6 GALVANIZADO	FIXAREM AS PARTES DA ESTRUTURA E DO ENCAIXE	Ítalo Neves	18/4	DRAGÃO DOS PARAFUSOS	5,00
1	FIXADORES	PARAFUSO SEM FIM 1m M6 GALVANIZADO	FIXAREM AS PARTES DA ESTRUTURA E DO ENCAIXE	Ítalo Neves	18/4	DRAGÃO DOS PARAFUSOS	15,00
1/2 vara	PARTE ESTRUTURAL DO APARATO	BARRA CHATA 20mmX2mm AÇO 1010	CRIAR UMA GEOMETRIA SIMILAR A CABEÇA DA PACIENTE	Ítalo Neves	18/4	AÇO SHOPPING	30,00
1 kit	FIXAÇÃO ROTATIVA DO QUEIXO	EXTRUSÃO DE AÇO CIRURGICO 1.2mm	CRIAR UM SUPORTE PARA O QUEIXO DA PACIENTE, PERMITINDO O TRAVAMENTO DO APARATO A CABEÇA.	Ítalo Neves	18/4	LOJA ODONTOLOGICA	15,00
1	FIXAÇÃO ROTATIVA DO QUEIXO	ARO DE MOTOCICLETA CROMADO 25 CM	CRIAR UM SUPORTE PARA O QUEIXO DA PACIENTE, PERMITINDO O TRAVAMENTO DO APARATO A CABEÇA.	Ítalo Neves	18/4	HOSPITAL DAS MOTOS	15,00
1	AMORTECIMENTO	MOLA INDUSTRIAL DUPLA	AMORTECIMENTO DO APARATO EM RELAÇÃO AO SUPORTE. Local que permite a rotação	Ítalo Neves	18/4	MOLAS E CIA	10,00
1 metro	AMORTECIMENTO	EVA de 2 mm	Amortecimento do aparato em relação a cabeça.	Ítalo Neves	18/4	ARTE E COMPASSO	30,00
TOTAL RELATIVO							220,00

Fonte: Elaborada pelo autor.

A ficha é capaz de detalhar a quantidade de componentes, onde comprar, o preço, objetivo do componente e o responsável pela aquisição do componente.

### 5.3.7 *Ficha Técnica de Fabricação*

Nesta etapa, explodimos o conceito e detalhamos em componentes, como pode ser visto na tabela 17.

**Tabela 17. Ficha Técnica de Processos de Fabricação do Protótipo**

<b>FICHA TÉCNICA DE PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO</b>							
<b>Nº</b>	<b>PROCESSO</b>	<b>MATERIA L</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>RESPON SÁVEL</b>	<b>DA TA</b>	<b>LOCAL DE COMPR A</b>	<b>CUSTO</b>
0	CONFORMAÇÃO	BARRA CHATA 20mmX2m m AÇO 1009	CONFORMAR A BARRA CHATA PARA CRIAR ADAPTAÇÃO NA CADEIRA	Ítalo Neves	19/4	EMPRESA	0,00
1	CONFORMAÇÃO	BARRA CHATA 20MMX2M M AÇO 1010	CONFORMAR A BARRA CHATA PARA CRIAR ESTRUTURA QUE SEGUE O FORMATO DA CABEÇA	Ítalo Neves	20/4	EMPRESA	0,00
2	IMPRESSÃO 3D	ABS BRANCO	IMPRIMIR O SUPORTE DO QUEIXO ANATOMICAMENTE E DESENHADO PARA A PACIENTE	Ítalo Neves	21/4	EMPRESA	50,00
3	SOLDAGEM	METALON AÇO 1010	UNIR O SUPORTE DA CADEIRA AO METALON QUE FAZ JUNTA A ESTRUTURA	Ítalo Neves	22/4	EMPRESA	30,00
4	SOLDAGEM	BARRA CHATA 20mmX2m m AÇO 1010	UNIR AS PARTES QUE FORMAM O APARATO	Ítalo Neves	23/4	EMPRESA	30,00

Tabela 17. Cont. Ficha Técnica de Processos de Fabricação do Protótipo

5	FURAÇÃO	METALON AÇO 1010	FURAR AS ENTRADAS PARA PASSAREM OS FIXADORES NA ESTRUTURA E NO SUPORTE	Ítalo Neves	24/4	EMPRE SA	20,00
6	FURAÇÃO	ARO DE MOTOCIC LETA CROMADO 25 CM	FURAR ARO PARA PASSAGEM DAS HASTES DE AÇO CIRURGICO	Ítalo Neves	25/4	EMPRE SA	20,00
7	FURAÇÃO	FIXADOR MANUAL M6 ABS PRETO	FURAR O APARATO NA ZONA DE APOIO AO QUEIXO	Ítalo Neves	26/4	EMPRE SA	20,00
8	SOLDAGEM	PORCAS M6	SOLDAR AS PORCAS PARA FIXAÇÃO TANTO NO APARATO QUANTO NO SUPORTE E ESTRUTURA	Ítalo Neves	27/4	EMPRE SA	30,00
9	COLAGEM	EVA 2MM	COLAR O EVA NO APARATO NAS ZONAS DE CONTATO COM A CABEÇA	Ítalo Neves	28/4	EMPRE SA	20,00
10	MONTAGEM	TUDO	FAZER A MONTAGEM DE TODOS OS COMPONENTES	Ítalo Neves	29/4	EMPRE SA	0,00
11	FINALIZAÇÃ O	TUDO	TESTE	Ítalo Neves	30/4	EMPRE SA	0,00
<b>TOTAL RELATIVO</b>							<b>220,00</b>

Fonte: Elaborada pelo autor.

A ficha é capaz de detalhar os processos envolvidos na fabricação e montagem do aparato, o valor de custo de cada processo, o objetivo, os responsáveis e o prazo.

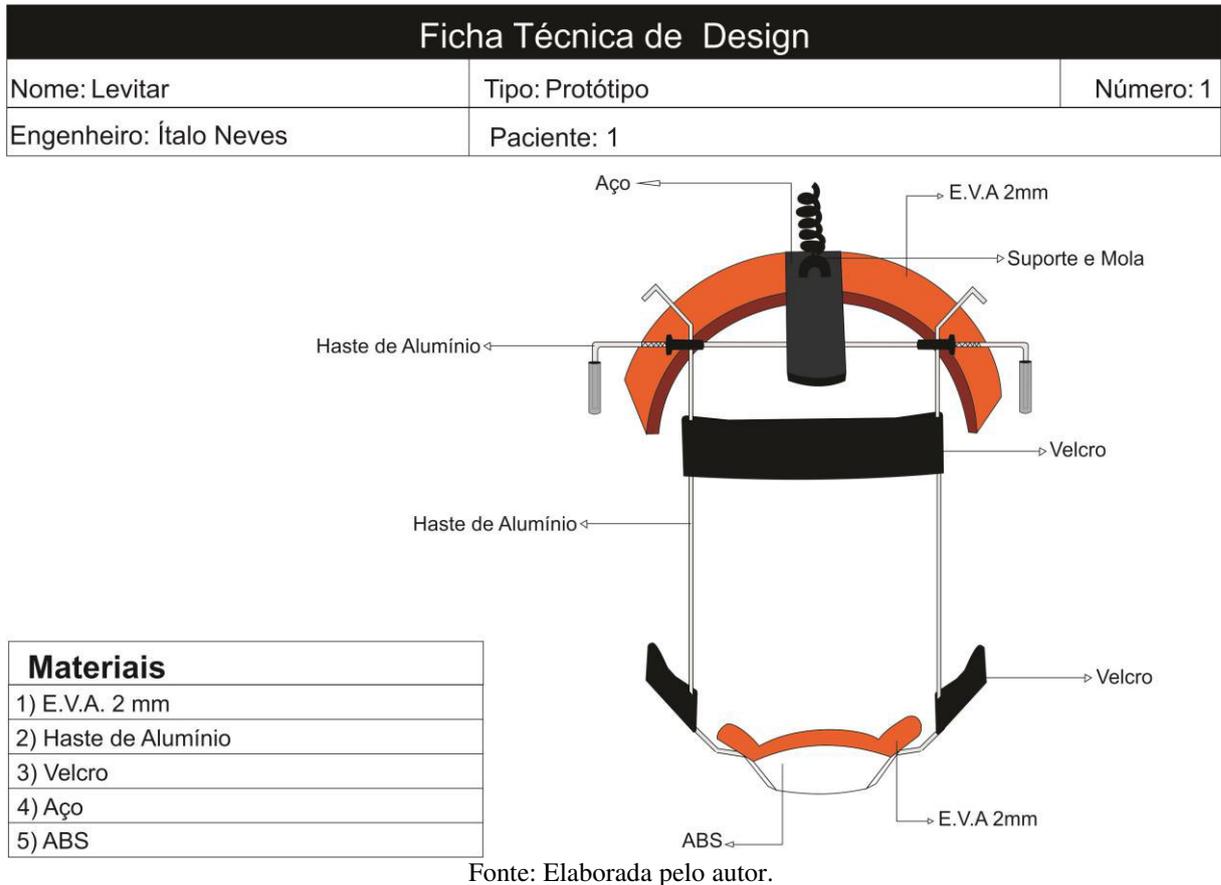
#### 5.4 Fase de Realização

A fase de realização é dividida em criação e execução do projeto, para fins de organização, as informações serão resumidas e expostas em tabelas referentes a cada etapa proposta.

### 5.4.1 Criação do Conceito Digital

A partir do design feito a mão na etapa dos 10 *Concept Design*, após escolhido um conceito para se trabalhar, esse conceito é digitalizado e cria-se uma ficha técnica de produto em relação ao design concebido que pode ser visto na figura 16.

**Figura 16. Ficha Técnica Design**



Pela ficha, entende-se o design do aparato e na tabela, descreve-se quais materiais compõem o design escolhido.

### 5.4.2 Desenvolvimento de Modelos Mecânicos

Após a ficha técnica ser finalizada, é hora de criarmos o modelo mecânico da adaptação proposta. Utilizando o CAD, montamos todos os componentes e, finalmente,

projetamos a adaptação para guiar a fabricação. O modelo é feito na escala final e tem de ser verossímil, como mostrado na figura 17.

**Figura 17. Modelo em CAD**



Fonte: Elaborada pelo autor.

### ***5.4.3 Programação da Manufatura***

A programação da manufatura se dá através das escolhas dos parâmetros de trabalho e materiais para cada processo envolvido. Isso quer dizer que para cada etapa do processo de fabricação, deveram ser criadas metodologias de trabalho que garantam que os resultados finais do processo serão obtidos como o esperado. Os dados de programação não serão demonstrados no estudo.

### ***5.4.4 Prototipagem Rápida***

O conceito de prototipagem rápida é baseado na ideia de poder criar um produto bem próximo do produto final de maneira mais rápida, podendo assim, visualizar um protótipo do produto final, onde se podem avaliar uma série de fatores que servirão para ajustar o produto antes da criação do modelo de entrega. Apenas um protótipo foi necessário para chegar à geometria final, isso é resultado de uma metodologia concisa e precisa elaborada para seguir a ideologia de fabricação enxuta. Como não é objetivo deste estudo

focar na prototipagem e sim no método, os protótipos serão mostrados no tópico de manufatura.

#### **5.4.5 Manufatura**

Após a criação do protótipo, chega a hora de criar o produto final, tendo em conta as diversas análises e planejamentos que foram feitos no decorrer do processo. A manufatura seguiu o mesmo roteiro da prototipagem, mudando apenas as técnicas aplicadas em nível de experiência do operador. O resultado final é mostrado na figura 18 e será comparado na discussão com a adaptação anterior.

**Figura 18. Adaptação final sendo utilizada pela paciente**



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### **5.5 Fase de Avaliação**

Para resolução do estudo, este tópico aborda a metodologia de avaliação qualitativa e quantitativa da adaptação proposta. Para base deste estudo, utilizaremos a análise de conforto como parâmetro de mensuração qualitativa e a avaliação ergonômica e biomecânica para análise quantitativa.

##### **5.5.1 Avaliação Qualitativa – Formulário de Conforto PEQ**

Utilizaremos para avaliar o conforto uma adaptação do Questionário de Avaliação Protética (PEQ) (*Arch Phys Med Rehabil*, 1996). O PEQ é composto por nove escalas validadas, cada uma compreende múltiplas questões e há um número de questões individuais adicionais. As escalas foram validadas por consistência interna e estabilidade temporal e são

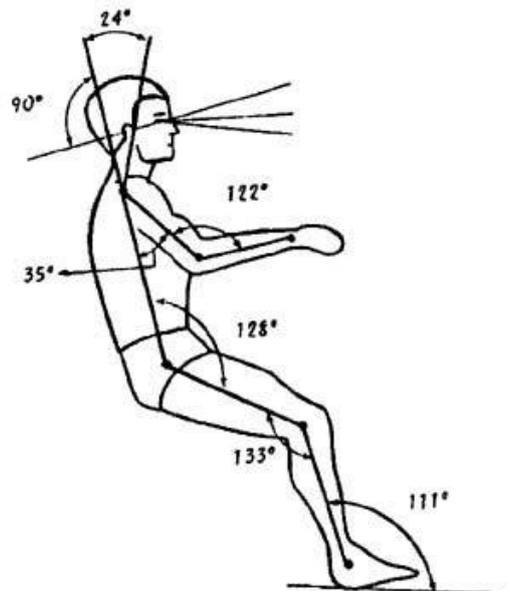
graduadas (marcadas/graduadas) como uma unidade. O PEQ não inclui questões demográficas padrão (*standard demographic*), então você pode perguntar algo tal como o nível de amputação, os problemas referentes a prótese ou adaptação, etc.

Para fins deste estudo, adaptamos um questionário utilizando as perguntas do PEQ e criamos uma ponderação para as questões de 0 a 100 variando com o teor da questão. As questões são divididas em cinco grupos (satisfação, utilidade, ruídos, aparência e saúde do membro exposto a adaptação). A partir destes dados, criam-se uma escala de avaliação com foco na interação paciente-adaptação.

### 5.5.2 Avaliação Ergonômica

A avaliação ergonômica visa identificar se as necessidades em nível de conforto e ergonomia foram atendidas através da solução proposta. Na análise feita na fase I identificamos dois problemas a serem resolvidos. O problema principal aborda a má postura, principalmente em relação à cabeça, que a adaptação anterior proporcionava a paciente. Para avaliar se a solução proposta atende as necessidades da paciente neste ponto, utilizaremos como parâmetro de postura ideal a posição proposta por Lehmann (1960) denominada de postura corporal de relaxamento máximo, uma adaptação desta posição a posição sentada pode ser vista na figura 19.

Figura 19. Modelo de Posição de Conforto Máximo



Fonte: Lehmann(1960)

Através de experimentos utilizando sujeitos imersos em água, Lehmann obteve uma postura com a pessoa deitada com a cabeça e coluna cervical ligeiramente inclinada para frente, braços a 45° do corpo, pernas ligeiramente levantadas, fazendo um ângulo de 130° nos joelhos. Segundo Iida (2008), supõe-se que nesta posição, as pressões exercidas sobre as juntas estejam próximas de zero.

### 5.5.3 Avaliação Biomecânica

As avaliações biomecânicas e mecânicas se unem neste ponto e visam identificar e prevenir possíveis lesões causadas por uma adaptação mal projetada. Na análise feita na fase I a análise biomecânica atentou para a hiperflexão cervical ao qual a adaptação anterior estava proporcionando a paciente. Uma grande exposição este tipo de problema pode causar danos aos tecidos musculares, às articulações e até prejudicar na circulação. Atentando ao mesmo fato, a análise mecânica focou em analisar os esforços baseados no ponto flexão da região cervical como pode ser notado na figura 20.

**Figura 20. Ponto de flexão na cervical**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Além destas análises, foi observada também uma longa superfície de aplicação de compressão na caixa torácica visto em vermelho e uma força de tração das vertebra cervicais ao longo de toda região de suporte da cabeça visto em azul, devido ao design da adaptação anterior, como pode ser visto na figura 21.

**Figura 21. Pontos de compressão e tração cervicais**



Fonte: Elaborada pelo autor.

A metodologia utilizada para analisar a biomecânica do aparato foi a NIJ (Critério de Avaliação de Acidentes no Pescoço Normalizada). Criado por Eppinger (1999), esse critério é utilizado como parâmetro para avaliar acidentes na região do pescoço e aparece em mais de sete normas. Os critérios para lesões no pescoço são determinados usando a força de compressão axial, a força de tração axial e as forças de corte na transição de cabeça para pescoço, expressas em kN, e a duração dessas forças em ms. O critério do momento de flexão do pescoço é determinado pelo momento de flexão, expresso em Nm, em torno do eixo lateral na transição da cabeça para o pescoço e registrado. A formulação matemática para cálculo do NIJ é descrita na equação 1.

**Equação 1. Critério de Avaliação de Acidentes no Pescoço Normalizada.**

$$N_{ij} = \frac{Fz}{F_{zc}/Cs} + \frac{Myc}{MOCy/Cs}$$

Equação 1

Fonte: Eppinger (1999)

Para atestar que não há possibilidade de lesão, o coeficiente NIJ < 1. Através das análises feitas na fase I já temos os valores de Fz e MOCy. Os valores de Fzc e Myc são tabelados através de dados empíricos de testes feitos com bonecos e são mostrados na figura 22.

**Figura 22. Dados para Cálculo do NIJ**

Dummy Type	F <sub>zc</sub> [N] Tension	F <sub>zc</sub> [N]* Compression	M <sub>yc</sub> [Nm] Flexion	M <sub>yc</sub> [Nm]* Extension
Hybrid III; female 5%	3880	-3880	155	-61
Hybrid III; 6-year	2800	-2800	93	-37
Hybrid III; 3-year	2120	-2120	68	-27
Hybrid III; 12 months	1460	-1460	43	-17

Fonte: Eppinger (1999)

Devido ao estado da paciente e a análise ser utilizada para propostas dinâmicas, utiliza-se um coeficiente de segurança (CS) = 3 aplicado aos valores. Assim, pode-se equacionar e obter o índice.

DADOS:	$N_{ij} = \frac{Fz}{F_{zc}/Cs} + \frac{Myc}{MOCy/Cs}$
Fz = 49N Myc = 9,8 Nm Fzc = 1460N MOCy = 43Nm CS=3	$N_{ij} = \frac{49}{1460/3} + \frac{9,8}{43/3}$
	$N_{ij} = 0,784406 < 1$

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos para as análises de conforto, ergonomia e biomecânica. A melhoria criada pela adaptação é avaliada nos comparativos da adaptação anterior e da solução proposta. Neste capítulo também se apresentam o protótipo, sua primeira iteração e uma proposta ainda em elaboração de 2º iteração.

### 6.1 Solução Proposta x Solução anterior

Neste tópico aborda-se a solução proposta, a solução anterior e suas principais diferenças. Nele também se podem identificar as melhorias feitas na solução apresentada, chamadas de iterações e quais foram as principais mudanças feitas e com quais objetivos.

Primeiro apresenta-se a adaptação já utilizada pela paciente na figura 23. Nela observa-se que a adaptação não mais atende as necessidades da usuária visto que sua geometria não acopla perfeitamente ao corpo e seu mecanismo de acoplamento cede com o tempo, deixando de exercer a função para a qual foi concebido.

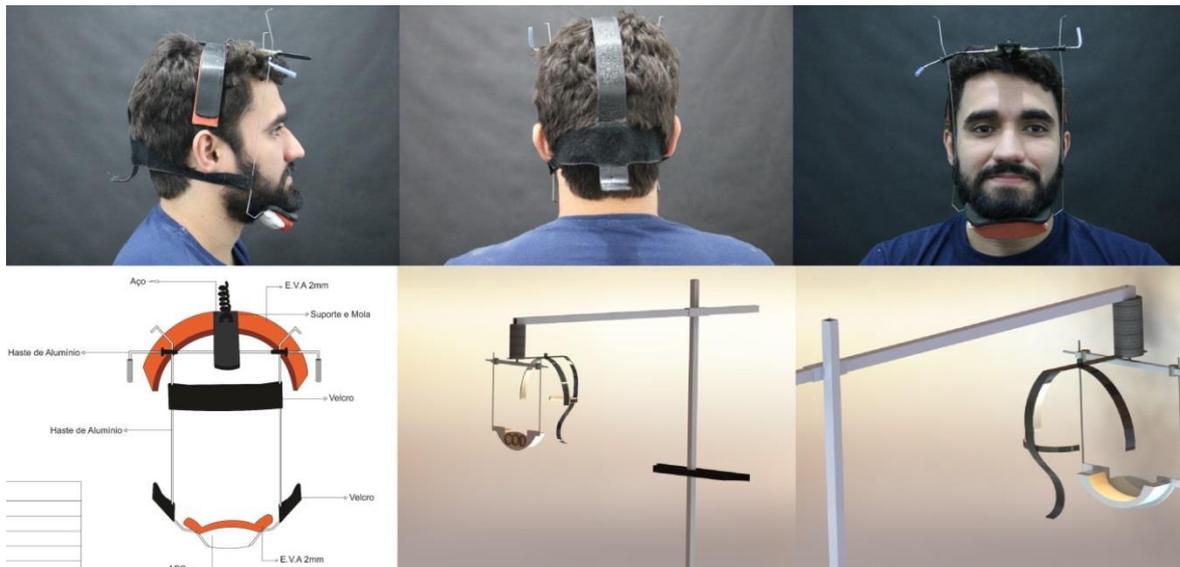
**Figura 23. Adaptação Antiga**



Fonte: Eppinger (2000)

Maiores discussões sobre a adaptação serão abordadas nos outros tópicos deste capítulo. A seguir, é mostrada a solução criada através do método dinâmico de concepção de produtos que ofereceu uma resposta mais assertiva em relação aos problemas propostos.

**Figura 24. Solução Proposta**



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na figura 24 são apresentadas as fotos do modelo ainda em teste, o design de concepção e o design mecânico do aparato. Ele é composto de mais de 12 componentes e foi elaborado através das características de projeto determinadas pelas análises da fase I.

É importante entender que na etapa avaliativa, algumas modificações propostas pelo usuário, pela equipe ou por profissionais que fazem parte do projeto podem e devem ser agregadas ao conceito final, se estas modificações forem significativas, o produto se torna um novo conceito e é denominada uma iteração do conceito anterior. Neste projeto, o conceito foi remodelado para solucionar as necessidades agregadas a principal, como facilidade de lavagem e conforto. A figura 25 mostra a iteração, que adiciona uma proteção em neoprene para melhorar o toque a pele.

**Figura 25. Iteração I**



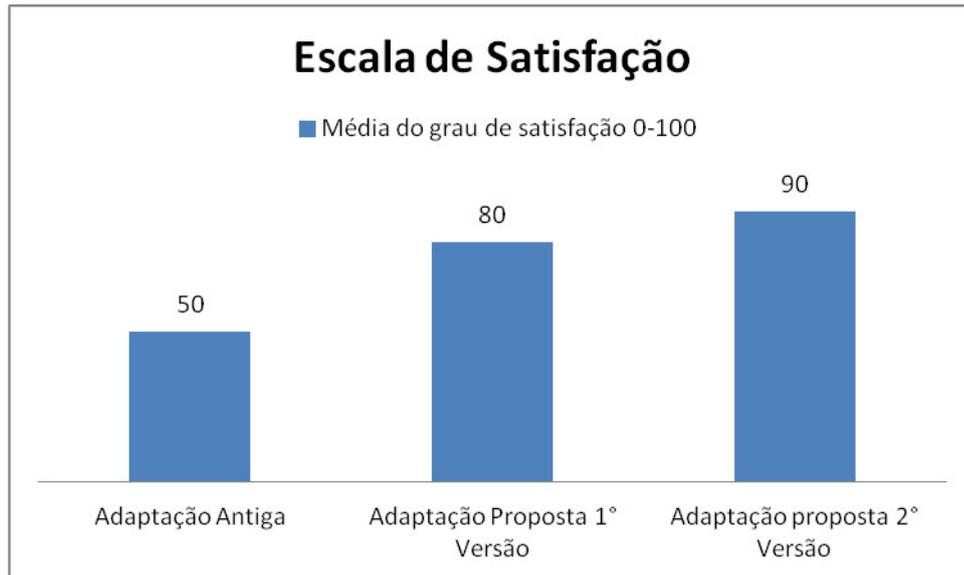
Fonte: Elaborada pelo autor.

A última iteração I foi o produto entregue e através das análises observa-se o porquê dele ter sido escolhido como solução final para o problema.

## 6.2 Resultados da Análise de Conforto

A análise de conforto visou comparar o grau de satisfação, utilidade, ruídos, aparência e saúde do membro entre a adaptação anterior, a solução proposta e a iteração. Os gráficos a seguir são referentes à média de respostas condizentes a cada escala observada.

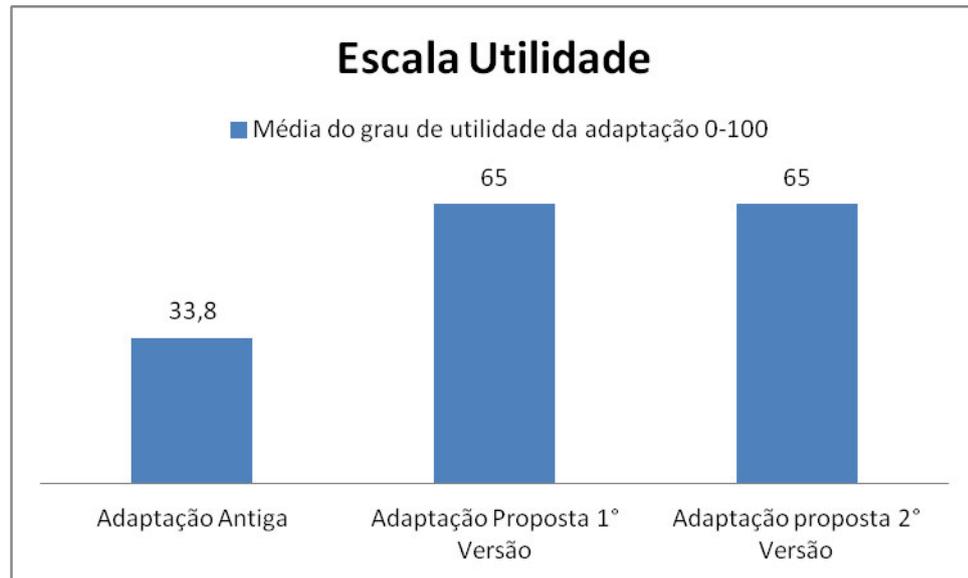
Figura 26. Escala de Satisfação



Fonte: Elaborada pelo autor.

A escala de satisfação fala sobre o quão o usuário está satisfeito com a solução proposta, e o quanto isso acarreta numa melhoria de qualidade de vida e bem estar a seu cotidiano. Observa-se que a segunda proposta obteve uma melhor aceitação do usuário, acredita-se que esta diferença seja dada devido a segunda versão solucionar problemas secundários, principalmente de cunho estético, trazendo uma melhoria social ao paciente.

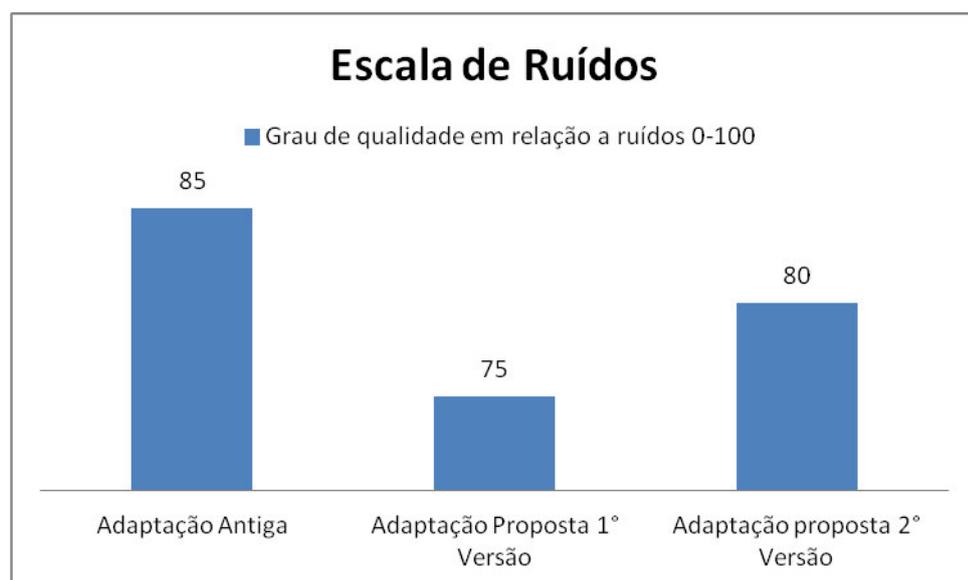
**Figura 27. Escala de Utilidade**



Fonte: Elaborada pelo autor.

A escala de utilidade é referente a quão usual é a adaptação, quão adaptada ela é a necessidade do paciente e pondera se o aparato está cumprindo ao seu objetivo. De acordo com a análise apresentada no gráfico da figura 27, ambas as soluções propostas pelo autor atenderam as expectativas de funcionalidade, a adaptação anterior não obteve um bom resultado por ceder com o tempo e não fixar o conjunto pescoço-cabeça apropriadamente, permitindo que a cabeça se incline.

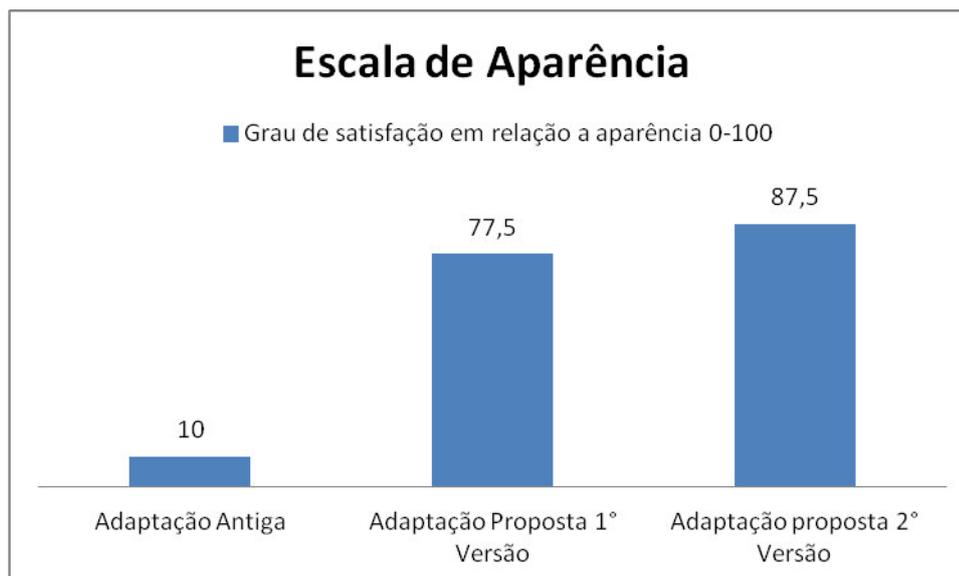
**Figura 28. Escala de Ruídos**



Fonte: Elaborada pelo autor.

A escala de ruídos aborda os sons reproduzidos pelo aparato, que muitas vezes, são contínuos e funcionam como um ruído que causa extremo desconforto. A adaptação anterior teve um melhor resultado nesta análise visto o fato de não ter nenhum mecanismo de conjunto, rotativo ou motor associado ao seu projeto. A adaptação proposta e a iteração tem a mesma estrutura mecânica e ambas apresentaram alguns ruídos casualmente.

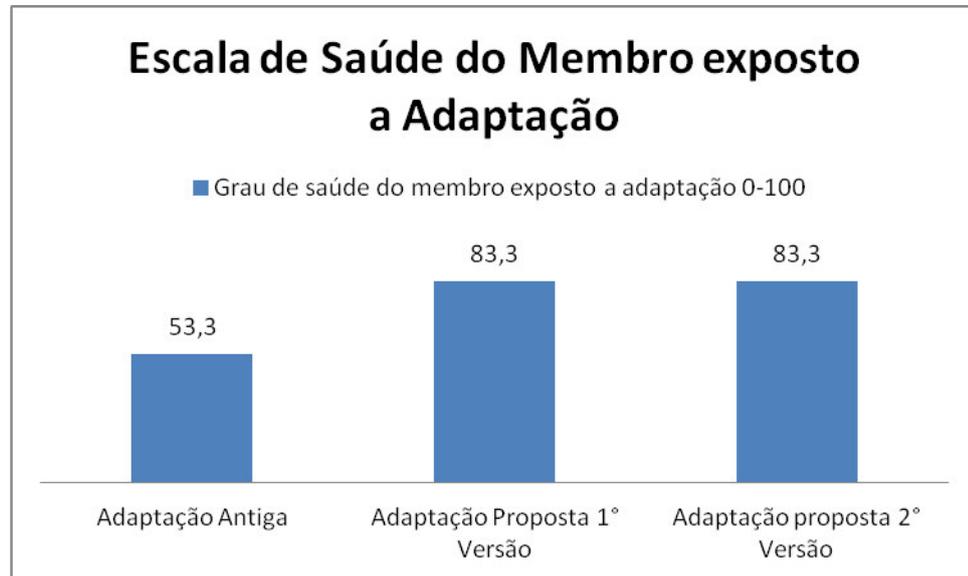
Figura 29. Escala de Aparência



Fonte: Elaborada pelo autor.

A escala de aparência se refere à estética não só do aparato, mas também do usuário com o aparato. Ela aborda a percepção pessoal do paciente ao utilizar a prótese. A adaptação anterior teve um resultado baixo em relação às novas. Acredita-se que o bem estar físico tenha sido o fator predominante na nota baixa de aparência, já as novas propostas obtiveram bons resultados, com o melhor resultado sendo a da 2ª proposta, visto que as mudanças dela para a primeira foram de cunho estético e de conforto.

**Figura 30. Escala de Saúde do Membro Exposto a Adaptação**



Fonte: Elaborada pelo autor.

A escala de saúde do membro exposto a adaptação fala sobre os eventuais problemas que uma adaptação de longa exposição pode oferecer ao paciente. Sendo prioritariamente ligada a saúde, mas também relacionada ao conforto, os resultados obtidos nesta avaliação foram relacionados principalmente aos problemas relacionados a feridas e bolhas, onde na adaptação anterior, se apresentavam no ponto de compressão localizado na caixa torácica e dores localizadas no ponto de tração na cervical.

### **6.3 Resultados da Análise de Ergonomia**

A análise ergonômica usou o modelo de posição de conforto máximo como parâmetro para análise da adaptação. A avaliação focou-se não só em solucionar o problema na ligação Cabeça-tronco, mas em ajustar toda a cadeira de rodas as posições mais próximas da de conforto máximo possível.

Tabela 18. PEQ adaptado

Análise Ergonômica			
Análise baseada na posição de relaxamento máximo proposta por Lehmann e suas angulações em relação a posição sentada.			
Zonas de análise (em graus)	Relaxamento máximo(°)	Apatação Inicial (°)	Solução Proposta(°)
Cabeça-tronco	24	50	24,7
antebraço-braço	122	-	138,0
tronco-braço	35	-	33,9
tronco-coxas	128	-	124,7
coxas-panturrilhas	135	-	127,9
panturrilhas-pés	111	-	110,3

Fonte: Elaborada pelo autor.

O quadro da tabela 18 apresenta as informações de angulação da junção cabeça-tronco das duas adaptações. Sabemos através da pesquisa ergonômica feita na fase I que para que haja conforto, a cabeça não pode estar num ângulo acima de 30° durante muito tempo, no caso da paciente, ela está durante todo o dia numa posição de 50° de angulação cabeça-tronco quando utiliza a adaptação anterior.

Figura 31. Angulações da Adaptação e cadeira



Fonte: Elaborada pelo autor.

Quanto as outras informações da tabela, são referentes ao ajuste feito junto com a implantação da adaptação na cadeira de rodas, visando manter os ângulos de relaxamento máximo como o padrão a ser utilizado na cadeira, como pode ser visto na figura 31.

#### 6.4 Resultados da Análise Biomecânica

A análise biomecânica teve como objetivo guiar o projeto a uma direção que evitasse as condições que pudessem gerar lesões a paciente. Para isso, utilizamos a ferramenta NIJ para calcularmos o nível de probabilidade de ocorrer uma lesão na utilização da adaptação. O resultado do NIJ ficou dentro dos limites permitidos, porém dada o condicionamento físico da paciente, deve-se evitar qualquer esforço direcionado a musculatura, principalmente quando utilizada em repetição. Como a análise pode mostrar, utilizando a adaptação anterior, temos pontos de compressão distribuídos por toda a caixa torácica, pontos de tração na musculatura cervical e um ponto de flexão na região c3, c4 aproximadamente.

Figura 32. Solução para as forças estáticas aplicadas a região cervical



Fonte: Elaborada pelo autor.

Com a nova solução, mostrada na figura 32, retiramos as cargas que antes eram suportadas no próprio corpo da paciente e as colocamos em uma estrutura externa, acoplada a cadeira de rodas. A única força aplicada ao corpo da paciente pelo aparato é de sustentação, contrária a força peso relativa à cabeça. O ponto de maior tensão que antes era localizado nas junções das vertebra cervicais agora se localiza na união das extrusões do aparato, liberando assim a musculatura cervical de qualquer força aplicada.

## 7. CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou uma proposta para concepção e fabricação de produtos personalizados para pessoas vitimadas de doenças crônicas e idosas. A metodologia, baseada em dois autores renomados no campo do desenvolvimento de produtos foi aplicada com sucesso em um caso de paciente acometida de Esclerose Lateral Amiotrófica – ELA.

Avaliou-se a capacidade de concepção do método proposto desde as análises exploratórias até os processos avaliativos do produto, que indicaram, com bases nos resultados obtidos, que a solução proposta foi tecnicamente viável. Também foi necessária para evitar possíveis lesões ocasionadas na utilização da adaptação anterior que acumula as tensões da cabeça no próprio corpo, chegando a ficar com uma margem de apenas 22% no índice NIJ de previsão de lesões.

O novo produto desenvolvido e fabricado trouxe uma melhoria na qualidade de vida observada pelos resultados de satisfação que foram 180% maiores que a adaptação anterior e a utilização do novo produto é satisfatória, sendo 193% melhor aceita pelo usuário. Adicionalmente, a solução proposta atendeu aos requisitos estipulados em ergonomia, tendo um erro relativo percentual de apenas 3% em relação a posição de relaxamento máximo.

Apesar da eficácia do método na resolução de problemas dentro dos âmbitos de tecnologia assistiva, ele apresenta limitações na etapa de manufatura, principalmente referente a limitação tecnológica da região. Uma adaptação à realidade tecnológica local se faz necessária.

Como sugestão para sequência e aprimoramento do trabalho seria ampliar a aplicação da mesma metodologia em outros casos no âmbito da Tecnologia Assistiva.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Reportagem Sobre Pesquisa de Doenças Crônicas.** Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2014/12/pesquisa-revela-que-57-4-milhoes-de-brasileiros-tem-doenca-cronica>>. Acesso em: 16 jun. 2017.

ARCH PHYS MED REHABIL. **Guia para Uso de Avaliação Protética (PEQ).** Disponível em: <[http://analisedemarcha.com/papers/o\\_p/peq/PT/questionario\\_peq\\_PT.pdf](http://analisedemarcha.com/papers/o_p/peq/PT/questionario_peq_PT.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2017.

MOTA. **Biomecânica - Ossos.** Disponível em: <[coral.ufsm.br/labiomec/biomecanica/ossos\\_musculos\\_fisio.ppt](http://coral.ufsm.br/labiomec/biomecanica/ossos_musculos_fisio.ppt)>. Acesso em: 21 mar. 2017.

SANADA. **Avaliação da Resistência e Módulo de Elasticidade de Osso Mineralizado e Desmineralizado pelos Testes de Microtração.** Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/25/25135/tde-19062007-13305.php>>. Acesso em: 18 mar. 2017.

MAGALHÃES. **Coluna Cervical.** Disponível em: <[www.ufjf.br/especializacaofisioto/files/2010/10/Cervical-UFJF-20101.pdf](http://www.ufjf.br/especializacaofisioto/files/2010/10/Cervical-UFJF-20101.pdf)>. Acesso em: 16 mar. 2017.

SILVA. **Biomecânica do Impacto – Biomecânica da Lesão na Coluna Cervical.** Disponível em: <[nebm.ist.utl.pt/repositorio/download/655/12](http://nebm.ist.utl.pt/repositorio/download/655/12)>. Acesso em: 15 mar. 2017.

AVILA. **Metodologias para Desenvolvimento de Novos Produtos.** Disponível em: <<http://www.bravdesign.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Metodologias-de-PPI.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2017.

FARIA. **Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos: Uma Experiência Didática.** Disponível em: <[www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_stp\\_073\\_521\\_12155.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_073_521_12155.pdf)>. Acesso em: 14 mar. 2017.

**MEDEIROS. Design de produto e processos de projeto com ênfase na customização pós-produção.** Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/67832/000869692.pdf;sequence=1>>.

Acesso em: 13 mar. 2017.

**FILHO. Projeto de Produto – Apostila do Curso.** Disponível em:

<<http://www.dep.ufmg.br/wp-content/uploads/2015/01/apostilaproduotoufmg.pdf>>. Acesso

em: 10 mar. 2017.

**CORDEIRO. Desenvolvimento de Produtos a Partir de Metodologias de Criatividade.**

Disponível em:

<[repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/505/1/AP\\_CODEM\\_2012\\_1\\_8.PDF](repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/505/1/AP_CODEM_2012_1_8.PDF)>. Acesso

em: 6 mar. 2017.

**MARTINS. Design de Recursos e Estratégias em Tecnologia Assistiva para Acessibilidade ao Computador e à Comunicação Alternativa.** Disponível em: <

<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/38706/000823437.pdf?sequence=1>>.

Acesso em: 6 mar. 2017

**GIL. Processo de Desenvolvimento de Novos Produtos: Uma Experiência Didática.**

Disponível em: <[www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_stp\\_073\\_521\\_12155.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_stp_073_521_12155.pdf)>.

Acesso em: 5 mar. 2017.

**BAXTER. Projeto de Produto.** In: **Guia Prático Para o Desenvolvimento de Novos Produtos.** Cap. 6, p. 167-229. Disponível em: < [https://www.estantevirtual.com.br/b/mike-](https://www.estantevirtual.com.br/b/mike-baxter/projeto-de-produto/3377920728)

[baxter/projeto-de-produto/3377920728](https://www.estantevirtual.com.br/b/mike-baxter/projeto-de-produto/3377920728)>. Acesso em: 3 mar. 2017.

**LIMA. Introdução aos Materiais e Processos para Designers.** In: **Processos.** Cap. II, p. 19-35. Disponível em: <[https://www.americanas.com.br/produto/5595188/livro-introducao-aos-](https://www.americanas.com.br/produto/5595188/livro-introducao-aos-materiais-e-processos-para-designers)

[materiais-e-processos-para-designers](https://www.americanas.com.br/produto/5595188/livro-introducao-aos-materiais-e-processos-para-designers)>. Acesso em: 1 mar. 2017.

**ABRELA. ELA – Esclerose Lateral Amiotrófica.** Disponível em: <[http://www.abrela.org.br/PDF/AbrELA\\_LIVRETO\\_web.pdf](http://www.abrela.org.br/PDF/AbrELA_LIVRETO_web.pdf)>. Acesso em: 25 fev. 2017.

**PEREIRA. Um Método Para a Formalização da Manufatura Digital no Planejamento de Processos de Uma Fábrica.** Disponível em: <<http://www.ccm-ita.org.br/ccmita/files/Um%20metodo%20para%20a%20formalizacao%20da%20manufatura%20digital%20no%20planejamento%20de%20processos%20de%20uma%20fabrica.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2017.

**PORTO. Manufatura Virtual: Conceituação e Desafios.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/gp/v9n3/14571.pdf>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

**COSTA. Manufatura Digital: Prototipagem Rápida Com Impressoras 3D.** Disponível em: <<http://sistemaolimpo.org/midias/uploads/e07808cdd05613dd5bea972eef667b23.pdf>>. Acesso em: 19 fev. 2017.

**SAVANE. Manufatura Clássica versus PLM e Manufatura Digital.** Disponível em: <[http://www.cadware-technology.com/cwol/eventos/plms2013/a1\\_cw421.138.765.pdf](http://www.cadware-technology.com/cwol/eventos/plms2013/a1_cw421.138.765.pdf)>. Acesso em: 19 fev. 2017.

**CARLI. Identificação e Propriedade dos Fatores Críticos de Sucesso na Implantação de Fábrica Digital.** Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132010000400005&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132010000400005&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 16 fev. 2017.

**AZEVEDO. O Uso da Tecnologia Assistiva Para Independência De Indivíduos Com Lesão Medular Tetraplégica: Uma Perspectiva da Terapia Ocupacional.** Disponível em: <[colecciona-sus.bvs.br/lildbi/docsonline/get.php?id=1061](http://colecciona-sus.bvs.br/lildbi/docsonline/get.php?id=1061)>. Acesso em: 14 fev. 2017.

**SEDH. Tecnologia Assistiva.** Disponível em: <[http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro\\_tecnologia-assistiva.pdf](http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/livro_tecnologia-assistiva.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2017.

**BERSCH. Introdução À Tecnologia Assistiva.** Disponível em: <[http://www.assistiva.com.br/Introducao\\_Tecnologia\\_Assistiva.pdf](http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf) >. Acesso em: 12 fev. 2017.

**SONZA. Acessibilidade e Tecnologia assistiva: Pensando a Inclusão Sociodigital de PNEs.** Disponível em: <[http://www.planetaeducacao.com.br/portal/conteudo\\_referencia/acessibilidade-tecnologia-assistiva.pdf](http://www.planetaeducacao.com.br/portal/conteudo_referencia/acessibilidade-tecnologia-assistiva.pdf) >. Acesso em: 10 fev. 2017.

## 9. ANEXO

### CARTA DE CONSENTIMENTO

Eu, R.G. \_\_\_\_\_,

Paciente, declaro, por meio deste termo, que concordei em participar da pesquisa **PROPOSTA DE MÉTODO PARA A CONCEPÇÃO E FABRICAÇÃO DE PRODUTOS PARA TECNOLOGIA ASSISTIVA COM ESTUDO DE CASO DIRECIONADO A ESCLEROSE LATERAL AMIOTRÓFICA**, desenvolvida no Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Ceará. O pesquisador responsável é o graduando Antônio Ítalo Neves da Silva. A pesquisa é estritamente acadêmica para o projeto de trabalho de conclusão de curso e seu objetivo em linhas gerais é:

**Criar uma metodologia concisa e direcionada que uma os conhecimentos de engenharia mecânica, terapia ocupacional, biomecânica e qualidade em prol da resolução de problemas.**

Tenho ciência de que o uso das informações coletadas serão utilizadas apenas para averiguar os objetivos e proposta do trabalho de final de curso do pesquisador. Também, que minha participação não envolve nenhuma forma de incentivo financeiro, sendo a única finalidade desta participação a contribuição para o sucesso da pesquisa. A minha participação será por meio de respostas a um questionário estruturado criado para pesquisa. No caso de fotos e textos, obtidos em minha participação, estou autorizado que sejam utilizados para os específicos fins do projeto e não comerciais, abrindo mão desde já, de quaisquer outras reivindicações do referido uso de imagens e textos. A minha colaboração se inicia a partir da data de assinado deste termo e destaco que a qualquer momento desta pesquisa posso desistir se assim o quiser.

ATENÇÃO:

- A minha participação neste estudo é totalmente voluntária;
- Todas as informações de identificação pessoal coletadas serão mantidas de forma confidencial;
- O meu nome será vinculado aos resultados única e exclusivamente desse estudo de dissertação, sendo que publicações como artigos e eventos, não terei meu nome vinculado;
- As informações coletadas serão utilizadas apenas pelo pesquisador deste projeto.

DEMAIS INFORMAÇÕES:

Contato com Antônio Ítalo Neves da Silva pelo telefone 85. 99905.1139 ou pelo e-mail: [italonevess@gmail.com](mailto:italonevess@gmail.com)

Fortaleza, Julho de 2017

---

Assinatura do profissional

---

Assinatura do pesquisador