

Davi Goulart Martins

**PROJETO DE ADAPTAÇÕES PARA CADEIRA DE RODAS
POSTURAL PARA USUÁRIOS COM PARALISIA CEREBRAL
DE NÍVEL 5 NO *GMFCS***

Projeto de Conclusão de Curso (PCC)
submetido ao Programa de Graduação
da Universidade Federal de Santa
Catarina, para a obtenção do Grau de
Bacharel em Design.

Orientador: Profa. Dra. Ana Verônica
Pazmino

Florianópolis

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Martins, Davi Goulart.
PROJETO DE ADAPTAÇÕES PARA CADEIRAS DE RODAS
POSTURAIAS PARA USUÁRIOS COM PARALISIA CEREBRAL DE
NÍVEL 5 NO GMFCS / Davi Goulart Martins ;
orientadora, Dra. Ana Verônica Pazmino, 2017.
108 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Comunicação e Expressão, Graduação em Design,
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Design. 2. Paralisia Cerebral. 3. Tecnologia
Assistiva. 4. Design de Produto. 5. Fabricação
Digital. I. Pazmino, Dra. Ana Verônica . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Design. III. Título.

Davi Goulart Martins

**PROJETO DE ADAPTAÇÕES PARA CADEIRA DE RODAS
POSTURAL PARA USUÁRIOS COM PARALISIA CEREBRAL
DE NÍVEL 5 NO *GMFCS***

Este Projeto de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Design, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Design da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 23 de junho de 2017.

Prof.^a Marília Matos Gonçalves, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Ana Verônica Pazmino, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Regiane Trevisan Pupo, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ivan de Medeiros, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho aos meus pais Flávio e Regina, aos meus irmãos Leandro e Raquel, a minha esposa Marcia, e a todos os meus amigos e professores do curso que contribuíram direto ou indiretamente neste projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me conceder saúde e sabedoria, em todos esses anos de estudo, e no desenvolvimento e conclusão deste projeto.

À minha esposa Márcia, pela paciência apoio e compreensão.

Aos meus queridos pais, Flávio e Regina, por sempre me incentivarem a estudar, por me apoiarem em minhas decisões, e pela educação que eles me deram, fazendo de mim o homem que sou hoje.

Aos meus queridos irmãos Leandro e Raquel, que assim como meus pais me apoiaram e incentivaram em todos esses anos de curso.

À minha orientadora, prof^{ra}. Ana Veronica que me apresentou o tema deste PCC, sempre muito atenciosa e dedicada a tirar todas as minhas dúvidas, deste e de outros projetos de extensão que fui bolsista.

À professora Regiane Pupo que me apresentou ao “mundo” da fabricação digital, me dando a oportunidade de estagiar no laboratório PRONTO 3D FabLab, onde trabalhei com desenvolvimento de projetos para usinagem em Router CNC, e prototipagem rápida.

Ao professor Ivan Medeiros por passar sua experiência de mercado, quando lhe pedia orientação sobre temas de design de produto, como modelagem 3D, processos de fabricação, dentre outros.

Ao laboratório PRONTO 3D onde aprendi vários processos de fabricação digital e prototipagem rápida, onde pude fabricar os protótipos das adaptações desenvolvidas neste PCC.

Ao meu amigo Charles Fernandes, parceiro na execução de diversos projetos, e que também contribuiu com as fotografias da fabricação e testes dos protótipos feitos por mim.

À minha amiga Fernanda Spiller que contribuiu como modelo para a retirada das medidas antropométricas e dos testes dos protótipos.

À Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE) por permitir a pesquisa com os fisioterapeutas e pacientes da instituição.

À terapeuta ocupacional Ana Carolina por apresentar os casos de paralisia cerebral grave dos pacientes da FCEE

Ao Fisioterapeuta André Rocha por apresentar o caso de paralisia cerebral da adolescente Júlia, deixando acompanhar uma sessão do tratamento, e por passar muitas informações que tornaram este projeto possível.

À Mãe da Júlia por permitir o estudo de caso e o desenvolvimento do projeto para sua filha. E principalmente agradeço à Júlia.

A todos meus amigos e familiares que contribuíram direto ou indiretamente para o desenvolvimento deste PCC.

RESUMO

Este trabalho apresenta todo o processo projetual para o desenvolvimento de adaptações para cadeiras de rodas posturais de usuários específicos com paralisia cerebral grave. A fundamentação teórica trata de temas relacionados a compreensão da paralisia cerebral e da tecnologia assistiva. O projeto usa o processo projetual de Rozenfeld et al., (2006), e o processo iterativo de análise - teste e redesign. O estudo foi realizado com uma usuária de cadeira de rodas com paralisia cerebral de nível 5 no Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS). Pessoas com paralisia cerebral deste nível apresentam graves limitações nos movimentos, e os modelos de cadeiras de rodas existentes no mercado nacional dificilmente suprem suas necessidades, por apresentarem tamanhos e regulagens limitadas. O objetivo do projeto é atender a esta demanda pela carência de uma cadeira de rodas totalmente adaptada ao usuário que ofereça conforto e auxilie na postura adequada, sendo que as adaptações possam ser fabricadas de modo viável e acessível em qualquer FabLab por meio da fabricação digital.

Palavras-chave: Paralisia Cerebral. Tecnologia Assistiva. Design de Produto. Acessível. Fab Lab. Fabricação Digital.

ABSTRACT

This work presents all of the projectual process in the development of adaptations for postural wheelchairs focusing on specific users with severe brain paralysis. The theoretical fundamentation deals with themes related to the comprehension of the brain paralysis and assistive technology. The project is based on the projectual processes of Rozenfeld (2006), and the iterative process of analysis - test and redesign. The study was carried with a female user of wheelchairs with brain paralysis of level 5 according to the Gross Motor Function Classification System (GMFCS). People with brain paralysis in this level, present severe limitations in the movements, and the models of wheelchairs existent on the national market hardly supply their needs, because they present sizes and limited settings. The objective of this project is to attend this demand of a wheelchair that supplies their necessities completely, with one adaptable which offers comfort and support in the proper posture, in which the adaptations could be manufactured in viable mode and accessible in any Fab Lab through the digital manufacturing.

Key-words: Brain Paralysis. Assistive Technology. Product Design. Accessibility. Fab Lab. Digital Manufacturing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo do processo de Rozenfeld <i>et al.</i> , (2006).	25
Figura 2 - Medidas antropométricas utilizadas na fabricação de cadeiras de rodas / adequação postural.	37
Figura 3 - Adaptações customizadas	39
Figura 4 - Júlia e sua cadeira de rodas.....	46
Figura 5 – Painel visual concorrentes / similares cadeiras de rodas posturais.	47
Figura 6 - Painel visual de concorrentes / similares apoios de cabeça. .	53
Figura 7- Painel visual de concorrentes / similares, apoios de braço.	56
Figura 8- Painel visual de concorrentes / similares, apoios de pés.....	58
Figura 9 – Painel visual de referência, apoios de cabeça/tronco	70
Figura 10- Alternativa 1 apoio de cabeça/tronco	71
Figura 11- Alternativa 2 apoio de cabeça/tronco	72
Figura 12 – Etapas dos testes 1, 2 e 3 do apoio de tronco	74
Figura 13 – Modelagem 3D e interlock do apoio de tronco, teste 4.....	75
Figura 14 – Teste 5 e 6 apoio de tronco	80
Figura 15 – Medida antropométricas em milímetros para construção de apoio de cabeça/tronco.....	81
Figura 16 - Painel visual de referência, apoios de braço.	81
Figura 17- Alternativa de apoio de braço.	82
Figura 18 - Medidas antropométricas em milímetros para a construção do apoio de braço.	83
Figura 19 - Painel visual de referência, apoios de pés.	84
Figura 20- Alternativa de apoio de pés.	85
Figura 21 - Medidas antropométricas para a construção do apoio de pés.	86
Figura 22 – Alternativa final.	87
Figura 23 – Contexto de uso, adaptações para cadeiras de rodas posturais.	104
Figura 24 – Medidas antropométricas para fabricação das adaptações	106
Figura 25 – Modelagens 3D e 2D	107
Figura 26 – Programação de corte CNC	108

Figura 27 – Corte CNC	109
Figura 28 - Montagem e acabamentos finais das adaptações.....	111
Figura 29 – Resultado final da construção das estruturas.	111

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Níveis do GMFCS	31
Quadro 2 – Tipos de cadeiras de rodas	35
Quadro 3 - Briefing	41
Quadro 4 - Análise sincrônica cadeiras de rodas posturais	48
Quadro 5 - Análise estrutural cadeira de rodas Conforma Tilt, Ortobras.	50
Quadro 6 - Lista de verificação: pontos negativos Conforma Tilt, Ortobras.	51
Quadro 7- Análise sincrônica apoios de cabeça posturais.	53
Quadro 8 - Análise sincrônica de apoios de braços.	56
Quadro 9 – Análise sincrônica de apoios de pés posturais.	58
Quadro 10 - Fabricação de assento e encosto digitalizados Digitis Brasil.	60
Quadro 11 - Lista de verificação fabricação de assento e encosto digitalizados Digitis Brasil.....	63
Quadro 12 - Fabricação de assento e encosto digitalizados, Silva (2011).	63
Quadro 13 - Lista de verificação fabricação de assento e encosto digitalizados, Silva, (2011).	66
Quadro 14 - Requisitos de projeto	68
Quadro 15 – Processo de desenvolvimento do teste 4	75
Quadro 16 – Processo de construção do apoio de cabeça e tronco	88
Quadro 17 - Processo de construção dos apoios de braço e de pés.....	93
Quadro 18 – Renderizações das adaptações desenvolvidas	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D – Bidimensional

3D – Tridimensional

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABPC – Associação Brasileira de Paralisia Cerebral

AVD – Atividade de Vida Diária

BU – Biblioteca Universitária

CAM – Manufatura Assistida por Computador (do inglês, *Computer Aided Manufacturing*).

CAT – Comitê de Ajudas Técnicas

CNC – Comando Numérico Computadorizado

FCEE – Fundação Catarinense de Educação Especial

GMFCS – Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (do inglês, *Gross Motor Function Classification System*).

IDEA – *Individuals with Disabilities Education Act*

PC – Paralisia Cerebral

PCC – Projeto de Conclusão de Curso

PP – Polipropileno

PU – Poliuretano

PVC - Policloreto de polivinila (ou policloreto de vinil)

RPM – Rotações Por Minuto

SNC – Sistema Nervoso Central

TA – Tecnologia Assistiva

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
1.1. OBJETIVOS.....	23
1.1.1. Objetivo Geral	23
1.1.2. Objetivos Específicos.....	23
1.2.JUSTIFICATIVA	23
1.3. DELIMITAÇÃO DO PROJETO.....	24
1.4. METODOLOGIA PROJETUAL	24
2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA	27
2.1.DEFINIÇÃO DA PARALISIA CEREBRAL	27
2.1.1. Origens e Causas da Paralisia Cerebral	27
2.1.2.Classificação da Paralisia Cerebral.....	28
2.2.TECNOLOGIAASSISTIVA	33
2.2.1. Tecnologia assistiva para cadeira de rodas.....	35
3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	40
3.1. FASE DE PROJETO INFORMACIONAL.....	40
3.1.1.Briefing	40
3.1.2. Pesquisa com a usuária	44
3.1.3.Análise de similares	47
3.1.4. Apoio de cabeça/cervical para cadeiras de rodas posturais	52
3.1.5. Apoio de braços para cadeira de rodas posturais	55
3.1.6. Apoio de pés para cadeira de rodas posturais.....	57
3.1.7. Tecnologia de assentos e encosto para cadeira de rodas.....	60
3.1.8. Requisitos de projeto	67
3.2. FASE DE PROJETO CONCEITUAL.....	69
3.2.1. Geração de alternativas.....	69

3.2.2 Otimização da solução do apoio cabeça/tronco	73
3.2.3 Otimização da solução do apoio de braço	83
3.2.4 Otimização da solução	85
4. FASE DE PROJETO DETALHADO.....	88
4.1. CONSTRUÇÃO DOS MODELOS DE APRESENTAÇÃO.....	88
4.2. RENDERIZAÇÃO	100
4.3. MEMORIAL DESCRITIVO	105
4.3.1. Retirada das medidas antropométricas	105
4.3.2. Modelagem 3D e 2D das adaptações	106
4.3.3. Programação de corte CNC em software CAM	107
4.3.4. Corte das peças executadas em <i>Router</i> CNC de 3 eixos	108
4.3.5. Montagem e acabamentos finais das adaptações	110
4.3.6. Materiais.....	112
5. CONCLUSÃO	115
REFERÊNCIAS	117

1. INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico visa desenvolver projetos que tornem o dia a dia das pessoas mais prático. Dentre seus diversos seguimentos apresenta-se um termo ainda novo, a Tecnologia Assistiva (TA), que tem como principal objetivo desenvolver produtos e serviços que proporcionem qualidade de vida e inclusão para pessoas com deficiência.

O presente trabalho mostra todo o processo projetual de adaptações para cadeiras de rodas posturais para pessoas com paralisia cerebral grave. O estudo teve embasamento no caso específico de uma jovem com Paralisia Cerebral (PC) grave. Essa deficiência demanda necessidades específicas em relação ao cuidado postural e de locomoção do paciente. A PC é resultante de uma lesão não progressiva sobre o Sistema Nervoso Central (SNC) em desenvolvimento e que pode levar a disfunções motoras, distúrbios nos movimentos, deficiências mentais e alterações funcionais (SPOSITO e RIBERTO, 2010).

As crianças com paralisia cerebral podem ser classificadas, de acordo com a característica clínica mais dominante. O projeto em questão utilizará como base de estudo o *Gross Motor Function Classification System*(GMFCS) (PALISANO *et al.*,1997), onde define 5 níveis no Sistema de Classificação da Função Motora Grossa para crianças com PC: no nível 1 a criança possui marcha independente, anda sem limitações; no nível 2 a criança anda com algumas limitações; no nível 3 a criança anda utilizando um dispositivo manual de mobilidade; no nível 4 a criança tem auto mobilidade com limitações, pode utilizar mobilidade motorizada; e no nível 5 a criança tem graves limitações na locomoção, necessita ser transportada em cadeira de rodas manual.

O projeto de adaptações para cadeira de rodas destina-se a usuários com paralisia cerebral de nível 5 no GMFCS. A escolha deste tema é devido a seguinte problemática: o mercado atual apresenta grande variedade em cadeiras de rodas para pessoas com PC, mas para cada caso existem necessidades específicas que dificilmente são atendidas.

Neste Projeto de Conclusão de Curso (PCC) será empregado o processo projetual desenvolvido por Rozenfeld *et al.*,(2006) onde será realizado adaptações para incluir as necessidades dos usuários específicos no desenvolvimento. O esquema de projeto está dividido em macrofases que por sua vez estão divididas em fases e atividades.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Projetar adaptações para cadeiras de rodas, para usuários com paralisia cerebral de nível 5 no GMFCS, que ofereça maior conforto e corrija a postura.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Definir paralisia cerebral e suas classificações;
- Descrever GMFCS nível 5;
- Pesquisar tecnologia assistiva para cadeira de rodas;
- Levantar necessidades da usuária estudada;
- Determinar especificações de projeto;
- Propor soluções;
- Construir protótipo final;
- Testar com a usuária.

1.2. JUSTIFICATIVA

Em visita a Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE), percebeu-se demandas de projetos relacionados à tecnologia assistiva para alguns pacientes. Foram entrevistados alguns terapeutas, que explicaram brevemente sobre casos específicos de pacientes que necessitavam melhorias em seus equipamentos de locomoção. Nesta entrevista teve destaque o caso da paciente Júlia de 13 anos, que tem paralisia cerebral grave, de nível 5 no Sistema de Classificação da Função Motora Grossa (GMFCS), que carece de uma cadeira de rodas totalmente adaptada a ela. Diante disso, foi decidido o tema do PCC: projeto de adaptações para cadeiras de rodas posturais para usuários com paralisia cerebral de nível 5 no GMFCS.

Em uma nova visita a FCEE, teve-se a possibilidade de acompanhar a fisioterapia da paciente Júlia com o Fisioterapeuta André. Durante o tratamento, a mãe da Júlia e o fisioterapeuta André relataram

na entrevista diversos problemas na cadeira de rodas, dos quais muitos pioram o quadro da paciente, dentre os problemas destacam-se:

- Os modelos de cadeiras de rodas existentes no mercado nacional apresentam tamanhos e regulagens limitadas onde são feitas pequenas adaptações pelos fabricantes, que dificilmente correspondem às demandas do usuário;
- Os melhores modelos de cadeiras de rodas para pacientes com paralisia cerebral são importados, mas possuem preço pouco acessível em relação aos nacionais;

A pesquisa e desenvolvimento deste projeto são de extrema importância, para que seja possível dar qualidade de vida a Júlia, que tem paralisia cerebral. Mesmo sendo um projeto de tecnologia assistiva centrado no usuário específico, abre novas possibilidades de estudo e desenvolvimento na área, pois a paralisia cerebral apresenta certos padrões, que uma vez projetado o produto pode ser adaptado a outros usuários.

1.3. DELIMITAÇÃO DO PROJETO

O escopo do projeto será a adaptação da cadeira de rodas e não o desenvolvimento da cadeira de rodas.

1.4. METODOLOGIA PROJETUAL

Considerando que o desenvolvimento envolve um projeto de alta complexidade e centrado no usuário, será utilizado o processo projetual dos autores Rozenfeld *et al.*,(2006) e feitas adaptações para incluir o usuário no modelo que está dividido em macrofases que por sua vez estão divididas em fases e atividades. As macrofases de aspecto genérico são: Pré-Desenvolvimento, Desenvolvimento e Pós-Desenvolvimento. A macrofase de Desenvolvimento aborda os aspectos tecnológicos correspondentes à definição de um produto, suas características e forma de produção. Sendo assim, as atividades realizadas nela são dependentes da tecnologia envolvida no produto.

Segundo os autores, o que determina uma fase é a entrega de um conjunto de resultados, que determinam um novo patamar do desenvolvimento. Uma característica do modelo é o rigor em que os

resultados criados em cada fase permitem o desenvolvimento da próxima.

O escopo do presente PCC vai utilizar a macrofase Desenvolvimento e suas fases de Projeto informacional, Projeto Conceitual e Projeto Detalhado. A figura 1 mostra o modelo de Rozenfeld *et al.*, (2006), destacado em preenchimento verde a parte aplicada neste PCC.

Figura 1 - Modelo do processo de Rozenfeld *et al.*, (2006).



Fonte: Adaptado de Rozenfeld *et al.*, (2006, p. 44).

Considerando que o desenvolvimento de adaptações para cadeiras de rodas ofereça maior conforto e corrija a postura do usuário, este projeto vai considerar os três princípios de Gould e Lewis (1985) citados por Preece *et al.*, (2005) para produzir “um sistema útil e fácil de usar”.

1. Foco no usuário e nas tarefas desde o princípio: entender claramente dos usuários suas características cognitivas, comportamentais, antropomórficas e suas atitudes.
2. Avaliação empírica: Observar os usuários quando interagem com os produtos por meio de modelos ou protótipos. Seu desempenho, reações são registrados e analisados.
3. Design iterativo: Quando são detectados problemas com os usuários, eles devem ser consertados e mais testes e observações devem ser realizados.

Dessa forma, estes princípios serão inseridos no processo de Rozenfeld *et al.*,(2006). Também serão utilizadas no desenvolvimento diversas ferramentas e técnicas tais como:

- Pesquisa Bibliográfica para contextualização do tema do trabalho, normas da ABNT e o modelo da BU de trabalhos acadêmicos.

Projeto Informacional:

- Análise de necessidade: Briefing de uma usuária da cadeira de rodas.
- Pesquisa etnográfica por meio de questionários, entrevista, observação para entender claramente a usuária e suas características cognitivas, comportamentais, antropomórficas e suas atitudes.
- Análise de concorrentes e similares (análise sincrônica ou paramétrica) de tecnologias assistivas.
- Análise da atividade.
- Estudo dos materiais.
- Análise funcional e estrutural de cadeira de rodas.
- Quadro de requisitos de projeto.

Projeto Conceitual:

- Painéis semânticos.
- Técnicas criativas: brainstorm,
- Sketchs
- Modelos de baixa e média fidelidade
- Testes

Projeto Detalhado:

- Desenho técnico
- Modelagem digital
- Protótipo funcional

Outras técnicas e ferramentas poderão ser utilizadas no decorrer do desenvolvimento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEORICA

Neste capítulo serão tratados temas relacionados ao projeto tanto sobre paralisia cerebral como sobre tecnologia assistiva.

2.1.DEFINIÇÃO DA PARALISIA CEREBRAL

A Paralisia Cerebral (PC) ou Encefalopatia Crônica não Progressiva da Infância refere-se a um grupo de desordens não progressivas do desenvolvimento do controle motor que ocorrem como resultado de uma lesão no sistema nervoso central em desenvolvimento, antes, durante ou relativamente logo após o parto (MUTCH *et al.*, 1992 *apud* RUSSELL *et al.*,2011). As principais limitações às atividades resultantes da PC envolvem problemas na função motora, com problemas frequentemente associados nos domínios cognitivo, social e comunicativo (KENNES *et al.*,2002 *apud* RUSSELL *et al.*, 2011). Embora a criança com PC se desenvolva motoramente em maior ou menor extensão, o desenvolvimento motor e a aquisição das habilidades motoras quase sempre estarão atrasados ou desordenados (RUSSEL *et al.*, 2011).

Segundo Cury e Brandão *et al.*, (2011), a PC afeta o desenvolvimento do controle motor e postural, com impacto na forma como a mobilidade é realizada e em outras situações do desempenho funcional. As alterações musculoesqueléticas podem piorar com o passar do tempo, crianças com PC que geralmente, não apresentam deformidades após o nascimento e durante os primeiros anos de vida podem desenvolver contraturas e anormalidades ósseas que podem levar a torção dos ossos longos, instabilidade articular e mudanças degenerativas prematuras nas articulações em descarga de peso. Além da deficiência física a PC pode vir associada também a alguns outros problemas dependendo da localização da lesão no cérebro, como a deficiência mental, visual, dificuldades de aprendizagem, alterações na função sensorial, problemas comportamentais e crises convulsivas.

2.1.1. Origens e Causas da Paralisia Cerebral

Segundo a Associação Brasileira de Paralisia Cerebral (ABPC) (2012), a PC tem causas específicas que devem ser considerados três

momentos. Pode acontecer no período pré-natal, no período perinatal e no período pós-natal:

- **No período pré-natal:** são as lesões que ocorrem antes do nascimento. Algumas doenças da gestante podem comprometer a formação das estruturas neurológicas do feto, como a diabetes, problemas cardíaco circulatórios (pressão alta ou hipotensão), hemorragias, eclampsia e infecções virais como a rubéola e a toxoplasmose, além do uso de certas substâncias pela futura mãe (ex.: álcool, drogas e tabaco). Pode vir também associado a fatores genéticos e/ou hereditários, malformações congênicas e a desnutrição da mãe.
- **No período perinatal:** são as lesões neurológicas que acontecem no momento do parto até 6 horas após o nascimento. É um período curto em que o bebê passa por grandes transformações a que tem que se adaptar rapidamente. A prematuridade, o baixo peso, a asfixia (hipóxia ou anóxia), hemorragia intracraniana, icterícia grave, infecção pelo canal do parto, o trabalho de parto muito demorado, entre outras situações, predisõem o sistema nervoso imaturo a não efetuar essa adaptação com a rapidez suficiente, ocorrendo então a lesão.
- **No período pós-natal:** durante a infância, infecções como a meningite, encefalites, traumatismo craneioencefálico, processos vasculares, desnutrição, síndromes epilépticas e tumores podem comprometer o sistema nervoso que ainda está se desenvolvendo. Quando esses problemas agudos são resolvidos, muitas vezes deixam sequelas que podem comprometer o desenvolvimento normal, levando às alterações clínicas típicas da PC. Após os dois anos de idade, o SNC encontra-se completamente desenvolvido, portanto, o mesmo tipo de agressão ao sistema nervoso após essa idade vai causar sintomas diferentes, não mais definidos como PC.

2.1.2. Classificação da Paralisia Cerebral

A utilização de escalas classificatórias permite que pacientes com a mesma condição diagnóstica de PC sejam agrupados em subcategorias de desempenho funcional, facilitando a comunicação entre os profissionais de saúde e estabelecendo uma linguagem comum entre a equipe de reabilitação (CURY e BRANDÃO *et al.*, 2011).

Considerando a área cerebral comprometida e os quadros neurológicos apresentados, a PC pode ser classificada pelo tipo de movimento como: (HIRATUKA, 2009; ABPC, 2012).

- **Espástica:** É o tipo mais frequente, caracteriza-se por uma hipertonía muscular, movimentos duros e difíceis. Acontece pela lesão do córtex motor do cérebro, região que comanda previamente os movimentos. Nesse tipo, os músculos têm, ao mesmo tempo, a força reduzida e o tônus aumentado, denominado espasticidade. Os pacientes apresentam os músculos enrijecidos, sendo difícil fazer o movimento tanto pelo próprio paciente como por outra pessoa. Os músculos mais tensos crescem menos, e por isso a criança com o tempo pode desenvolver encurtamentos musculares, conhecidos como contraturas. O crescimento dos ossos influenciado pela tensão dos músculos também pode ser alterado, evoluindo para as deformidades. Além disso, o desenvolvimento motor, a aquisição das atividades motoras, como sentar, engatinhar e andar, é atrasado de forma leve, moderada ou grave (ABPC, 2012).
- **Extrapiramidal ou discinética (atetóide, coreico e distônico):** acontece pela lesão de áreas mais profundas do cérebro conhecidas como núcleos da base ou sistema extrapiramidal responsável pela modulação do movimento, ou seja, pela inibição de movimentos indesejados. Nesse tipo de lesão, o movimento acontece, mas de forma exagerada, sem modulação, gerando o que se define como movimentação involuntária. A criança apresenta movimentos que lembram os de uma marionete, podendo ser muito amplos, ou coreicos, ou mais rápidos e distais, os atetóides; quando esses movimentos mantêm a criança em posturas muito diferentes, assimétricas e fixas, recebe o nome de distonia. Neste tipo clínico, o atraso do desenvolvimento motor também vai acontecer, mas as deformidades ortopédicas e o comprometimento mental são menos comuns (ABPC, 2012).

- **Atáxica:** a lesão principal deste tipo de PC está no cerebelo, cuja coordenação e equilíbrio são debilitados. Dessa forma a criança apresenta uma incoordenação de movimentos e falta de equilíbrio quando está em pé. Esse tipo clínico de PC é o mais raro. Nestes pacientes também é raro ocorrerem deformidades, mas as alterações de fala e o comprometimento mental são comuns (HIRATUKA, 2009; ABPC, 2012).
- **Mista:** nesta categoria de PC se enquadram as crianças que apresentam características associadas de mais de um tipo clínico. A associação espástica-atetóide é a mais frequente (HIRATUKA, 2009).

Segundo, Hiratuka, (2009); ABPC, (2012); *Cerebral Palsy Solicitor*, (2016). Dependendo do local da lesão no cérebro e a distribuição topográfica, a PC pode ser classificada como:

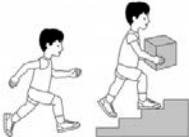
- **Hemiplegia:** Quando ocorre uma lesão em um dos hemisférios do cérebro. Se a criança tem uma lesão no hemisfério direito do cérebro, ela vai ter uma disfunção motora do lado esquerdo e se a lesão ocorrer no hemisfério esquerdo do cérebro a disfunção motora será no lado direito. Para essas crianças existe um bom prognóstico de marcha;
- **Diplegia:** quando ocorre uma lesão em cada hemisfério do cérebro, ou seja, uma lesão no hemisfério direito e outra no hemisfério esquerdo. Ocorre uma disfunção motora nos quatro membros, predominando nos membros inferiores. Há um bom prognóstico de marcha em 75% das crianças.
- **Triplegia:** quando a lesão ocorre em uma parte de cada hemisfério do cérebro. Podendo causar perda das funções motoras, total ou parcial de três membros.
- **Quadriplegia:** quando há duas lesões em cada hemisfério do cérebro, ou seja, duas diplegias. O comprometimento motor

ocorre nos quatro membros. É um tipo grave de PC e dificilmente as crianças com este comprometimento irão adquirir independência nas atividades da vida diária (AVD) ou conquistarão marcha.

O Sistema de Classificação da Função Motora Grossa GMFCS, classifica a função motora de crianças com PC desde o nascimento até os 18 anos de idade, divididas em cinco grupos etários distintos: até os 2 anos, entre 2 e 4, 4 e 6, seis e 12 e 12 e 18 anos. A classificação é baseada nos seguintes aspectos: estabilidade do tronco na postura sentada, transferência entre a postura sentada e outras posturas, e formas de locomoção (PALISANO *et al.*,1997; CURY e BRANDÃO *et al.*, 2011).

No Quadro 1 são descritos cinco níveis entre 6 e 12 anos de idade (PALISANO *et al.*,1997; SILVA¹ *et al.*,2007; SPOSITO e RIBERTO, 2010).

Quadro 1 - Níveis do GMFCS

	<p>Nível I: A criança tem marcha independente, anda em ambientes internos e externos e sobe escadas sem limitações. Ela consegue pular e correr, mas a velocidade, a coordenação e o equilíbrio são prejudicados. Manipula objetos facilmente e com êxito e não apresenta limitações para as atividades da vida diária.</p>
	<p>Nível II: A criança anda em ambientes internos e externos, mas apresenta algumas limitações, em superfícies irregulares e inclinadas e em espaços lotados ou restritos. Necessita segurar no corrimão de escadas para se equilibrar, apresenta dificuldade para correr e pular, e manipula a maioria dos objetos com mais lentidão, mas consegue executar as atividades de vida diária.</p>

	<p>Nível III: A criança anda em ambientes internos e externos com o auxílio de aparelhos de locomoção, como muletas e andadores. Sobe escadas segurando em corrimãos. Dependendo da função motora dos membros superiores, a criança consegue tocar uma cadeira de rodas manualmente. Manipula objetos com dificuldade. Pode ser transportada em longas distancias, e em espaços externos com terrenos irregulares, pode também necessitar de adaptações.</p>
	<p>Nível IV: A criança usa cadeira de rodas adaptada, faz transferência com a ajuda de um adulto, anda com o andador em curtas distâncias com dificuldade em superfícies irregulares. Pode adquirir autonomia em cadeira de rodas motorizada. Manipula somente alguns objetos especialmente selecionados. Requer suporte contínuo e assistência e/ ou adaptações para atingir êxito parcial.</p>
	<p>Nível V: A deficiência física restringe o controle voluntário dos movimentos e a capacidade para manter posturas antigravitacionais de cabeça e tronco. Todas as áreas de função motora estão limitadas. As limitações funcionais no sentar e ficar em pé não são completamente compensadas por meio do uso de adaptações e tecnologia assistiva. Neste nível a criança não mostra sinais de locomoção independente e necessita ser transportada. Algumas crianças alcançam a auto locomoção usando cadeiras de rodas motorizada com extensas adaptações.</p>

Fonte: Adaptado de Palisano *et al.*, (1997) Ilustração Bill Reid *et al.*, (1997)

Como a pesquisa foi feita com uma jovem de 13 anos, cujo tipo de paralisia cerebral está avaliado no nível 5 no GMFCS. Segue abaixo as características desse nível para a idade entre 12 e 18 anos.

Segundo Palisano *et.al.*, (1997) traduzido por Silva¹ *et.al.*, (2007 p.6).

Nível V: Os jovens são transportados em uma cadeira de rodas manual em todos os ambientes. Possuem limitações nas habilidades para manter posturas antigravitacionais da cabeça e do tronco, e o controle dos movimentos dos braços e pernas. A tecnologia assistiva é utilizada para melhorar o alinhamento da cabeça, o sentar, o ficar de pé, e a mobilidade, mas as limitações não são totalmente compensadas pelo equipamento. Necessita a assistência física de uma ou duas pessoas ou uma elevação mecânica para as transferências. Os jovens podem conseguir a auto mobilidade utilizando a mobilidade motorizada, mas com adaptações extensas para sentar e para o controle do trajeto.

Para o projeto é necessário conhecer sobre tecnologia assistiva como forma de melhoria de equipamento para uma cadeira de rodas.

2.2.TECNOLOGIAASSISTIVA

Tecnologia assistiva foi definida pela *Tech Act Legislation* e adotada pelo *Individuals with Disabilities Education Act* (IDEA) como: “qualquer item, peça de equipamento ou sistema de produto, quer sejam adquiridos comercialmente, modificados, ou feitos sob medida; utilizados para aumentar, manter, melhorar o desempenho funcional do indivíduo com incapacidades” (IDEAPRACTICES, 2016).

No Brasil, a tecnologia assistiva foi definida pelo Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) como: “uma área do conhecimento de característica interdisciplinar que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a

funcionalidade, relacionada com a atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (SDH, 2010).

Produtos de tecnologia assistiva são utilizados para promover uma vida mais independente, produtiva, e prazerosa. Podem ser simples ou complexos, agrupados em categorias conforme a finalidade funcional. Dentre as diversas categorias de produtos voltados a tecnologia assistiva, o projeto em questão se encaixa nas categorias de adequação postural e auxílio de mobilidade, descritas abaixo:

- **Adequação postural:** Trata-se de projetos centrados no usuário, de criação ou de adaptação de equipamentos já existentes que levam em consideração as características antropométricas da pessoa, para que possa garantir posturas alinhadas, estáveis, confortáveis e com boa distribuição do peso corporal. Os cadeirantes podem ter grandes benefícios na prescrição de sistemas especiais de assentos e encostos que levem em consideração suas medidas, peso e flexibilidade ou alterações musculoesqueléticas existentes. Quando utilizados precocemente, os recursos de adequação postural auxiliam na prevenção de deformidades corporais (BERSCH, 2013).
- **Auxílio de Mobilidade:** “são as cadeiras de rodas e outros equipamentos de mobilidade, como andadores, bengalas, muletas e acessórios. O dispositivo de auxílio à mobilidade deve ser adequado à necessidade funcional do indivíduo” (CURY e BRANDÃO *et al.*, 2011).

Segundo Cury e Brandão *et al.*, (2011), os objetivos da adequação postural são:

- Manter alinhamento postural;
- Oferecer suporte corporal e estabilidade;
- Favorecer funções vitais como respiração e digestão;
- Favorecer função cardiorrespiratória;
- Reduzir gasto energético;
- Prevenir alterações secundárias como deformidades e contraturas;
- Melhorar desempenho funcional e participação social;

- Permitir maior independência dos indivíduos;
- Melhorar qualidade de vida.

2.2.1. Tecnologia assistiva para cadeira de rodas

Existe uma grande variedade de cadeiras de rodas, os tipos mais comuns são: manual, motorizada, esportivas e *stand up*. O quadro 2 mostra os tipos.

Quadro 2 – Tipos de cadeiras de rodas





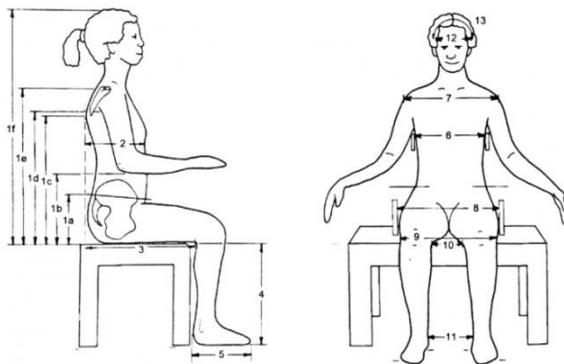
Cadeira de rodas com sistema stand up.
(permite o posicionamento de pé)



Para que a cadeira de rodas proporcione a melhor adequação postural para o indivíduo, componentes como: assento, encosto, apoio de braços e apoio de pés devem ser analisados separadamente, além de outros elementos como rodas/pneus e freios (eixo da roda, altura da roda, posição do freio), (CURY e BRANDÃO *et al.*, 2011).

Dessa forma, a figura 2 ilustra as medidas antropométricas utilizadas nas cadeiras de rodas.

Figura 2 - Medidas antropométricas utilizadas na fabricação de cadeiras de rodas / adequação postural.



Fonte: Cury e Brandão *et al.*, (2011).

a) Assento

O assento para cadeira de rodas deve ter as seguintes características para indivíduos com PC:

- Base firme e estável para a pelve, com adequada distribuição de forças entre a pelve e os membros inferiores, revestida por um material macio, para melhorar o conforto e acomodação de tuberosidade isquiática;
- A profundidade do assento deve ser determinada pela distância entre o encosto e a fossa poplíteia (quando o indivíduo está corretamente sentado);
- Quando o indivíduo apresenta diferenças significativas dos membros inferiores, a profundidade do assento deve ser cuidadosamente determinada, para evitar compensações no alinhamento biomecânico, como, por exemplo, uma rotação pélvica;
- Adaptações específicas são determinadas após a avaliação individual, entre elas estão: ajustes da densidade e alturas da espuma do assento para melhor posicionamento da pelve, variação do ângulo entre o assento e o encosto (*tilt*), colocação de cintos pélvicos, uso de bloqueadores de joelhos e quadril e uso de

cintos ou almofadas para posicionamento dos quadris e joelhos. (CURY e BRANDÃO *et al.*, 2011)

b) Encosto

O encosto para cadeira de rodas deve ter as seguintes características para indivíduos com PC:

- Manter a postura neutra sentada favorecendo o apoio para pelve e a estabilidade do tronco;
- Ser firme para evitar a retroversão pélvica e a cifose torácica;
- Ser mais alto para indivíduos com baixo controle de tronco e equilíbrio;
- Deve-se ter cuidado ao determinar a altura do encosto para indivíduos com melhor controle de tronco, para que a amplitude dos movimentos dos membros superiores, não seja limitada, como tocar a cadeira de rodas;
- Para proporcionar um alinhamento biomecânico e correção da postura sentada, pode ser feito algumas adaptações como: ajustes na densidade e na profundidade da espuma do encosto, apoios laterais em diferentes alturas, variação do ângulo entre o assento e o encosto (tilt), cintos para melhor posicionamento do tronco;
- Quando há assimetrias de tronco como a escoliose, deve-se ter uma atenção especial. Suporte na pelve e apoios laterais em diferentes alturas da coluna torácica, um localizado no ponto mais alto da convexidade da curva e outro abaixo da axila, proporcionam melhor correção na curvatura da coluna e maior conforto ao usuário;
- O encosto também deve servir de base para adaptação de encosto de cabeça, quando necessário;
- Dependendo a necessidade do indivíduo o apoio de cabeça pode ser com: suporte para o pescoço, suportes laterais, suporte no queixo e suportes anteriores com faixas. (CURY e BRANDÃO *et al.*, 2011)

c) Apoio de braços

O apoio de braços para cadeira de rodas deve ter as seguintes características para indivíduos com PC:

- Oferecer suporte aos membros superiores, com melhora da estabilidade;
- Auxiliar na redução de pressão dos glúteos e tuberosidades isquiáticas;

- Ser removível, o que favorece as transferências e a impulsão da cadeira de rodas;
- Oferecer suporte para colocação de mesas;
- A altura deve respeitar a flexão do cotovelo em 90 graus;
- Adaptações com cintos podem favorecer o posicionamento dos membros superiores (CURY e BRANDÃO *et al.*, 2011).

A figura 3 mostra adaptações customizadas de assento, encosto, apoios de braços e pés.

Figura 3 - Adaptações customizadas



(A) de assento e encosto; (B) de assento e encosto com apoios laterais; (C) com cintos de tronco e membros superiores. Fonte: Cury e Brandão *et al.*, (2011).

d) Apoio de pés

O apoio de pés para cadeira de rodas deve ter as seguintes características e objetivos para indivíduos com PC:

- Oferecer estabilidade para os pés e membros inferiores;
- Diminuir a pressão nos glúteos;
- Auxiliar na circulação sanguínea dos membros inferiores;
- Não dificultar as transferências posturais;
- Ser removíveis ou de fácil articulação;
- A altura do apoio de pés deve respeitar a amplitude de movimentos dos quadris, joelhos e tornozelos encontrados na avaliação do indivíduo;
- Deve ter uma angulação de 90 graus entre joelhos e tornozelos;
- A Altura correta do apoio de pés evita problemas como: deformidades no quadril, instabilidade dos pés, pressão na região poplíteia e comprometimento da circulação sanguínea;
- Outras adaptações podem se realizadas como: variação da angulação do apoio de pés com relação à articulação do joelho, somente variação no ângulo do tornozelo, e uso de cintos ou de bloqueadores para posicionar os pés (CURY e BRANDÃO *et al.*, 2011).

3. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo será apresentada a parte prática do PCC seguindo o processo de Rozenfeld *et.al.*, (2006). Também serão utilizadas técnicas e ferramentas para auxiliar o processo centrado no usuário.

3.1. FASE DE PROJETO INFORMACIONAL

Nesta fase serão coletadas as informações e necessidades de uma usuária de cadeira de rodas com PC. Também serão pesquisados produtos similares e tecnologias assistivas para o desenvolvimento das adaptações para cadeiras de rodas.

3.1.1. Briefing

O briefing foi coletado na Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE) no dia 16/03/2016 com o Fisioterapeuta André Rocha. O quadro 3 mostra o Briefing.

Quadro 3 - Briefing

1. Natureza do Projeto e Contexto

Dados da empresa (cliente)

A Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE) é uma instituição de caráter beneficente, instrutivo e científico, dotada de personalidade jurídica de direito público, sem fins lucrativos, vinculada à Secretaria de Estado da Educação. Criada em maio de 1968, está localizada no município de São José.

Como órgão coordenador e executor da política de educação especial do Estado, suas estratégias de sustentabilidade estão fundamentadas em seus objetivos sociais e na responsabilidade que tem de definir os rumos da educação especial em Santa Catarina.

Para concretizar seus objetivos, a FCEE conta com dez Centros de Atendimento Especializados, que são espaços de estudos, discussões e pesquisas em suas respectivas áreas de atuação. A clientela dos Centros é composta por pessoas com deficiência (visual, auditiva, mental, motora e múltipla), transtornos globais do desenvolvimento e altas habilidades/superdotação.

Por meio de seu trabalho, a FCEE beneficia milhares de pessoas em todo o Estado de Santa Catarina que dependem das políticas públicas para serem incluídas com qualidade de vida.

O Serviço de Pesquisa e Produção de Equipamentos e Acessórios Adaptados Realiza pesquisa na área de Tecnologia Assistiva com o objetivo de proporcionar recursos que contribuam para a promoção de maior independência, autonomia, qualidade de vida e inserção social de pessoas com deficiência. Este serviço realiza avaliação, prescrição, produção e orientação de Tecnologia Assistiva através de uma equipe de trabalho multidisciplinar que atua na adequação de equipamentos e acessórios adaptados para os usuários do campus da FCEE.

Responsável pelo usuário

As tomadas de decisão do projeto serão do fisioterapeuta André Rocha e da terapeuta ocupacional Ana Carolina Rodrigues.

Proposta (Enunciado do serviço)
Projeto de adaptação de cadeira de rodas para Júlia usuária com Paralisia Cerebral GMFCS Nível5.
Justificativa
Atender uma demanda pela carência de uma cadeira de rodas totalmente adaptada à usuária que ofereça conforto e auxilie na postura adequada.
Objetivo
Desenvolver as adaptações da cadeira de rodas para usuária com paralisia cerebral GMFCS nível 5.
Resultados desejáveis
Obter um assento, encosto, apoio de cabeça e pés.

1.1 Equipe de projeto ou responsáveis

Nome: Davi Goulart Martins

1.2 Análise setorial

Categoria
Tecnologia Assistiva
Principais características que o produto deve atender
<ul style="list-style-type: none"> • A cadeira de rodas que a Júlia usa, encontra-se incompatível com seu tamanho, pois não acompanha mais o crescimento da paciente, que está com treze anos de idade, causando desconforto e uma postura incorreta, que agrava seu quadro clínico; • O encosto de cabeça não proporciona a devida sustentação e conforto, pois não tem altura ideal. A paciente tem movimentos involuntários e precisa de um encosto que sustente seu pescoço; • O encosto encontra-se em uma altura imprópria, abaixo do ombro; • O assento é menor que o comprimento das coxas da usuária e o apoio para os pés não sustenta as pernas corretamente, o que causa uma rotação do quadril e respectivo encurtamento de uma das pernas; • A usuária necessita de um suporte para sustentação do tronco,

<p>uma espécie de cinto, para que seu corpo não seja projetado para frente por movimentos involuntários;</p> <ul style="list-style-type: none"> • O tecido do assento e encosto é escorregadio; • A cadeira de rodas é difícil de ser transportada, precisa ser leve e prática para mãe; • A haste de metal que sustenta o apoio dos pés apresenta risco de acidente, o mesmo acontece com a haste do encosto; • Os braços da cadeira precisam ter uma altura adequada correspondente com a usuária, servindo também de apoio para o tronco, e serem de fácil remoção contribuindo na transição da cadeira para outros locais. • O assento e encosto têm que seguir o formato da coluna da paciente dando conforto e corrigindo a postura.
Pontos positivos do produto
Conforto e correção da postura, o que torna o desenvolvimento complexo e muito técnico.
Conceito do cliente
Conforto e correção da postura.

1.3 Mercado

O tamanho do mercado
O projeto é feito para uma usuária, porém as soluções com adaptações poderão ser aplicadas em outros usuários com paralisia cerebral.

1.4 Consumidor/ Público-alvo

Quem é o público-alvo (segmentação geográfica, demográfica, psicográfica e comportamental)
Segmentação Demográfica: Adolescente do sexo feminino de 14 anos
Segmentação Geográfica: Região Sul
Segmentação Comportamental: Adolescente com paralisia cerebral N5, dependente da cadeira de rodas para se movimentar.
Segmentação Psicográfica: Tranquila.

1.5 Aprovação do projeto

Materiais de apresentação:
Renderings, desenho técnico e modelo 1:1
Responsáveis pelo acompanhamento e aprovação
Fisioterapeuta André Rocha, Dra. Ana Veronica Pazmino e terapeuta ocupacional Ana Carolina Rodrigues.
Prazo final de entrega:
09/06/2017

Durante a fisioterapia, o fisioterapeuta André explicou que o paciente com paralisia cerebral deste nível fica muito tempo parado e uma má postura agrava problemas musculares, de quadril e outros. O tratamento e exercícios realizados pelo fisioterapeuta têm como principal objetivo corrigir esses problemas advindos da má postura, destacando que é muito importante que a mãe e os familiares façam estes exercícios. Mas a mãe da Júlia diz que é difícil fazer estes exercícios com a filha, pois exige certa técnica, principalmente na transposição da cadeira de rodas para cama, sendo que a menina possui uma lesão no quadril e isto requer muito cuidado, principalmente pela cadeira de rodas não ajudar muito neste momento.

3.1.2. Pesquisa com a usuária

Além da classificação no nível 5 do GMFCS, a Júlia apresenta um quadro clínico de PC do tipo, espástica-distônica. Espástica porque ela tem uma hipertonia muscular, os músculos são enrijecidos, sendo difícil fazer o movimento tanto por ela como por outra pessoa. Apresenta encurtamento, principalmente de uma das pernas, devido à contratura dos músculos mais tensos, que crescem menos, influenciando no crescimento dos ossos e evoluindo para deformidades. E distônica, pois essas contrações forçam certas partes do corpo a fazerem movimentos involuntários repetitivos, de torção ou posturas dolorosas, assimétricas e fixas. Dentre as deformidades causadas pela contratura muscular e a má postura, ela apresenta também escoliose e rotação pélvica. A PC de Júlia é classificada como uma quadriplegia, pois ela tem o comprometimento motor dos quatro membros. Quanto à cadeira de rodas da Júlia os problemas citados no item 1.2 do quadro 2

(Briefing), devem ser atendidos para uma postura adequada e maior conforto da usuária.

A figura 4 mostra a Júlia e as condições que se encontram sua cadeira de rodas, fabricante Ortobras, modelo Conforma Tilt.

Figura 4 - Júlia e sua cadeira de rodas



Fonte: Arquivo pessoal.

3.1.3. Análise de similares

Neste item será apresentada a análise de alguns modelos de cadeiras de rodas pesquisadas, que se assemelham com a proposta do projeto, ou seja, cadeiras de rodas para adequação postural.

Na figura 5, o painel visual de concorrentes / similares de alguns modelos de cadeiras de rodas para adequação postural.

Figura 5–Painel visual concorrentes / similares cadeiras de rodas posturais.



Fonte: Adaptado de *Sunrise Medical* (2016); *Ortobras* (2016); *Adaptte* (2016); *Jaguaribe* (2016).

No quadro4 a análise sincrônica (concorrentes / similares) de três principais modelos de cadeiras de rodas para adequação postural pesquisados, destacando e comparando seus principais itens.

Quadro 4- Análise sincrônica cadeiras de rodas posturais

Análise sincrônica cadeiras de rodas posturais			
Produto			
Nome do produto	Pluton	T1	Ortrus
Fabricante	Zippie	Ortobras	Adaptte
Origem	Espanha	Brasil	Brasil
Estrutura características	<ul style="list-style-type: none"> - Em alumínio; - Pintura epóxi; - Dobrável; - Medidas e bases ajustáveis ao usuário. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alumínio temperado; - Eixos de aço; - Pintura epóxi; - Dobrável. 	<ul style="list-style-type: none"> - Em alumínio perfilado ajustável as medidas do usuário.
Assento características	<ul style="list-style-type: none"> - Profundidade e largura ajustável; - Divisão para ajuste de dissimetrias de fêmur; - Suporte para sacro ajustável; - Suportes pélvicos; 	<ul style="list-style-type: none"> - Profundidade ajustável; - Espuma plana injetada de alta densidade; - Contenções laterais de quadril e perna; - Desmontável. 	<ul style="list-style-type: none"> - Profundidade ajustável; - Espuma injetada plana ou conformada; - Contenções laterais de quadril e perna; - Desmontável.

	- Pads abdutores e adutores.		
Encosto características	- Desmontável; - Altura e ângulo ajustável; - Contenções laterais de tronco; - Controles de cintura escapular; - Reclinável mediante pressão de ar.	- Reclinável 3 posições; - Plano, em espuma de alta densidade; - Contenções laterais de tronco.	- Reclinável; - Plano, em espuma de alta densidade; - Contenções laterais de tronco; - Altura ajustável.
Apoio de cabeça características	- Multiajustável; - Compatível com apoios de cabeça, marca <i>Whitmyer</i> ; - Desmontável.	- Regulagens de altura, ângulo e profundidade; - Desmontável.	- Apoio de cabeça cervical rebatível; - Desmontável.
Apoios de braço características	- Ajustáveis em altura, ângulo e profundidade; - Removível;	- Regulagem de altura; - Removível.	- Regulagem de altura e profundidade; - Removível
Apoio de pés características	- Removível; - Ajustáveis; - Dinâmicos; - Rebatíveis.	- Tipo bandeja com regulagem de altura e faixas de fixação.	- Tipo bandeja com regulagem de altura e faixas de fixação.
Desmontável	- A poltrona, o chassi e as rodas.	-As quatro rodas e a poltrona.	- A poltrona, o chassi e as rodas.
Sustentação de tronco (tipo)	- Cinto peiteira quatro pontas com tiras ajustáveis; - Cinto pélvico.	- Cinto peiteira quatro pontas com tiras ajustáveis; - Cinto pélvico.	- Cinto peiteira quatro pontas com tiras ajustáveis; - Cinto pélvico.
Sistema de inclinação	- Pressão de ar; - Conforme o tipo de base (chassi).	- <i>Tilt</i> multiposicional	- <i>Tilt</i> multiposicional

Capas do estofado	-Tecido impermeável e removível;	-Tecido impermeável e removível.	-Tecido impermeável e removível.
Assento/encosto digitalizado	- Não possui digitalização; - Almofadas de posicionamento da Marca Jay.	- Não possui	- Direcionada a casos severos que apresentam deformidades cervicais;
Capacidade de peso	Até 100 Kg	80 Kg	_____

Fonte: Adaptado de *Sunrise Medical*(2016); *Ortobras* (2016); *Adaptte* (2016).

Na análise sincrônica do quadro 4, pode-se observar o que há de melhor no mercado para adequação postural. Os itens dos modelos foram analisados separadamente, tendo destaque o modelo Pluton da marca Zippie, pois este apresentou maiores funções em todos os quesitos. As informações colhidas nesta análise são fundamentais para o desenvolvimento das adaptações da cadeira de rodas.

No quadro 5 a análise estrutural da cadeira de rodas modelo Conformar Tilt, linha postural, da fabricante brasileira Ortobras. Modelo utilizado pela usuária Júlia, que servirá de base para o desenvolvimento de adaptações.

Quadro 5 - Análise estrutural cadeira de rodas Conformar Tilt, Ortobras.

Análise estrutural cadeira de rodas Conformar Tilt, Ortobras.



- Construída em liga alumínio aeronáutico temperado;

- Rolamentos blindados nas quatro rodas, inclusive no eixo vertical do garfo;
- Eixos de aço reforçado;
- Pintura epóxi;
- Estrutura monobloco;
- Rodas traseiras em nylon com pneu antifuro de 16”;
- Rodas dianteiras maciças de 7” com garfo de alumínio;
- Sistema de desmontagem rápida “quick release” nas quatro rodas;
- Freios bilaterais;
- Sistema modular de assento e encosto, em espuma de alta densidade;
- Apoio de cabeça em espuma de alta densidade, regulável em altura e profundidade;
- Colete torácico quatro pontas para sustentação do tronco, tipo peiteira;
- Poltrona de fácil desmontagem;
- Manoplas individuais para condução de terceiros;
- Apoio de braço com regulagem de altura e removível;
- Protetor de roupas incorporado ao apoio de braço;
- Suporte do pedal removível, regulável na altura e profundidade;
- Apoio de pés tipo plataforma com fita de fixação;
- Sistema de reclíneo “Tilt”, milimétrico da poltrona, de 0° a 40°, acionado com o pé através do gatilho localizado na estrutura do quadro;
- Roda antitombo;
- Capacidade de peso de 70 Kg.

Fonte: Ortobras, (2016)

O Quadro 6 mostra a lista de verificação de cadeiras de rodas Conforma Tilt, linha postural Ortobras, destacando os pontos negativos:

Quadro 6 - Lista de verificação: pontos negativos Conforma Tilt, Ortobras.

Lista de verificação: pontos negativos Conforma Tilt, Ortobras.

- Não acompanha o crescimento do usuário, necessitando a troca total da cadeira ou do assento e encosto;
- O assento e encosto forrados com nylon são escorregadios, e as

capas não são removíveis para higienização;

- O encosto conformado, dificilmente acompanha o formato da coluna para usuários com deformidades cervicais, que necessitam conforto e correção da postura. O mesmo acontece com o assento para usuários com deformidades pélvicas e de fêmur, podendo agravar certos problemas;
- O apoio de cabeça não apresenta total conforto e sustentação para usuários com PC, que têm movimentos involuntários;
- O apoio de braço não é prático para remoção no momento da transferência do usuário, e não tem regulagens de profundidade.
- O apoio de pés não atende a usuários em casos mais específicos de deformidades, podendo agravar certos problemas;

Fonte: Adaptado de Ortobras, (2016).

No quadro 5 pode-se detalhar os principais componentes da cadeira de rodas postural Conforma Tilt Ortobras. Para que na lista de verificação do quadro 6 fosse possível destacar os pontos negativos e assim trabalhar em melhorias nestes itens/componentes.

Para o desenvolvimento de componentes que sejam adaptáveis aos modelos de cadeiras de rodas comuns no mercado como a Conforma Tilt Ortobras, é preciso analisar os principais itens que compõem uma cadeira de rodas postural separadamente. A seguir a análise dos melhores componentes pesquisados, compatíveis com a usuária estudada.

3.1.4. Apoio de cabeça/cervical para cadeiras de rodas posturais

Na figura 6, o painel visual de concorrentes / similares de alguns modelos de apoios de cabeça para cadeiras de rodas de adequação postural.

Figura 6 - Painel visual de concorrentes / similares apoios de cabeça.



Fonte: Adaptado de Adaptte (2016); Ortobras (2016); *OrthoRehab* (2016); Mobility Brasil (2016); *Sunrise Medical* (2016).

No quadro7 a análise sincrônica (concorrentes / similares) de três modelos de apoios de cabeça para cadeiras de rodas de adequação postural, destacando suas principais características.

Quadro 7- Análise sincrônica apoios de cabeça posturais.

Análise sincrônica apoios de cabeça/tronco.	
Produto	Descrição e especificações técnicas

	<ul style="list-style-type: none"> - Nome: <i>Heads Up</i> - Fabricante: <i>Whitmyer</i> - Origem: Espanha - Inovador; - Melhor interação do usuário com o ambiente; - Suporte para a cabeça; - Estabilidade anterior e lateral de ombros e tronco; - Disponível em quatro tamanhos; - Capa de <i>lycra</i> ou <i>dartex</i>; - Espuma <i>standart</i> ou <i>confort</i>; - Braços curtos ou longos, e rebatíveis; - Opção com suporte occipital; - Compatível com todos os braços de montagem <i>Whitmyer</i>.
	<ul style="list-style-type: none"> - Nome: <i>I2I</i> - Fabricante: <i>Stealth Products</i> - Origem: EUA - Inovador; - Melhor interação do usuário com o ambiente; - Suporte para a cabeça; - Estabilidade anterior e lateral de ombros e tronco; - Disponível em vários tamanhos; - Capa de <i>lycra</i> ou <i>dartex</i>; - Espuma <i>standart</i> ou <i>confort</i>; - Braços curtos ou longos, e rebatíveis; - Opção de suporte occipital.

	<ul style="list-style-type: none"> - Nome: Sistema de posicionamento; - Fabricante: Grupo <i>Ortho Rehab</i>; - Origem: Portugal; - Inovador; - Melhor interação do usuário com o ambiente; - Suporte para a cabeça; - Estabilidade anterior e lateral de ombros e tronco; - Pode ser aberto através de dobradiças que abrem para trás; - Acolchoado com espuma, e espuma visco elástica no encosto de cabeça; - Opção de suporte occipital.
---	--

Fonte: Adaptado de *Sunrise Medical* (2017); *Mobility Brasil* (2017); *OrthoRehab* (2017).

Na análise do quadro 7, os três modelos de apoios de cabeça apresentam características semelhantes quanto ao suporte para tronco, e cabeça (occipital), garantindo a estabilidade e adequação postural evitando movimentos prejudiciais ao cadeirante. De todos os modelos pesquisados estes três servem de referência para o desenvolvimento de um novo modelo de apoio de cabeça/tronco que supram as necessidades de usuários com PC de nível 5

3.1.5. Apoio de braços para cadeira de rodas posturais

Na figura 7, o painel visual de concorrentes / similares de alguns modelos de apoios de braço para cadeiras de rodas.

Figura 7- Painel visual de concorrentes / similares, apoios de braço.



Fonte: Adaptado de *Sunrise Medical* (2017);MN Suprimentos (2017).

O quadro 8 mostra a análise sincrônica de três principais apoios de braços para cadeiras de rodas, destacando suas principais características.

Quadro 8- Análise sincrônica de apoios de braços.

Análise sincrônica de apoios de braços	
Produto	Descrição e especificações técnicas
	<ul style="list-style-type: none"> - Apoio de braço Pluton; - Marca Zippie; - Modelo de apoio de braço mais comum no mercado, feito de plástico injetado. Este apoio possui características simples que atendem a necessidades básicas como: <ul style="list-style-type: none"> - Pode ser trocado; -Dependendo do modelo pode ser ajustável em altura, ângulo e profundidade; - É removível; - Normalmente na cor preta.

	<ul style="list-style-type: none"> - Suporte de braço <i>Lofy</i> - Este suporte fornece apoio ao braço inteiro, mantendo a integridade do ombro. Elimina pontos de pressão e auxilia no posicionamento de tronco e membros inferiores. Encaixa-se facilmente no braço da cadeira de rodas. Medidas: 53cm x 39cm em sua parte mais elevada.
	<ul style="list-style-type: none"> - Composto de uma canaleta plástica medindo 55cm x 14cm e de uma espuma para elevação do braço. A canaleta é moldável com aquecedor e possui um sistema de fixação com dois anéis em D e Velcro®, o que a mantém firmemente segura ao braço da cadeira de rodas.

Fonte: Adaptado de *Sunrise Medical* (2017); MN Suprimentos (2017).

Na análise do quadro 8 o primeiro modelo de apoio de braço é o mais comum no mercado, mas dificilmente atende a deficientes que apresentam problemas específicos na coordenação motora. Os modelos subsequentes foram feitos exatamente para suprir essas necessidades, pois dão suporte ao tronco, membros e ombros, melhorando a postura do usuário, sendo também adaptações removíveis. Os mesmos servem de referência para o desenvolvimento de novos apoios de braço para a usuária.

3.1.6. Apoio de pés para cadeira de rodas posturais

Na figura 8, o painel visual de concorrentes / similares de alguns modelos de apoios de pés para cadeiras de rodas de adequação postural.

Figura 8- Painel visual de concorrentes / similares, apoios de pés.



Fonte: Adaptado de Jaguaribe (2017); *Sunrise MedicalJAY*(2017).

O quadro 9 mostra a análise sincrônica de três principais modelos de apoios de pés posturais selecionados, destacando suas principais características.

Quadro 9–Análise sincrônica de apoios de pés posturais.

Análise sincrônica de apoios de pés posturais	
Produto	Descrição e especificações técnicas

	<ul style="list-style-type: none"> - Apoio de pés mais utilizado em cadeiras de rodas posturais por fabricantes como Jaguaribe e Ortobras; - Tipo bandeja, com regulagem de altura e faixas de fixação; - Bandeja feita de plástico injetado; - Removível; - Suporte de sustentação em alumínio.
	<ul style="list-style-type: none"> - Apoio de pés Pluton; - Marca: Zippie; - Plataforma removível para facilitar as transferências; - Ajustável em altura e ângulo; - Rebatível; - Dinâmico, possui quatro molas independentes que possibilitam com que a plataforma se mova em todas as direções para reduzir os impactos, acompanhando os movimentos da criança;
	<ul style="list-style-type: none"> - Nome: Jay Foot Boxes; - Marca: JAY; - Suporte para os pés, tornozelos e panturrilhas, com um divisor para maior proteção e posicionamento; - Reduz o risco de lesões na pele, normalmente causado por longos períodos de uso; - Material: espuma e madeira de alta resistência; - Capa de <i>dartex</i>; - Largura: 16” a 22” - Profundidade: 8” - Altura 12”.

Fonte: Adaptado de Jaguaribe (2017); *Sunrise Medical JAY* (2017).

Na análise do quadro 9, entre os três modelos de apoios de pés posturais selecionados, teve destaque o apoio da marca JAY, pois este tem como diferencial o suporte para os pés, tornozelos e panturrilhas, com um divisor para melhor posicionamento. Para o desenvolvimento de um novo apoio de pés para a usuária de estudo, este modelo servirá de referência e adaptação.

3.1.7. Tecnologia de assentos e encosto para cadeira de rodas

A seguir a análise de dois processos de fabricação de assento e encosto por sistema digitalizado, voltado para pacientes com alterações posturais graves. Os sistemas de assento e encosto são produzidos no molde do corpo dos usuários de cadeira de rodas com o objetivo de corrigir as alterações posturais existentes e acomodar as deformidades do sistema musculo esquelético. Indicação: escoliose, hipercifose, hiperlordose, paralisia cerebral, mielo meningocele, miotrofia espinhal, distrofia muscular entre outros. (DIGITIS BRASIL, 2016)

No quadro 10, o processo de fabricação de assento e encosto digitalizados, para cadeiras de rodas proposto pela Digitis Brasil.

Quadro 10 - Fabricação de assento e encosto digitalizados Digitis Brasil.

1-Moldagem do corpo do paciente no simulador de cadeira de rodas

Um fisioterapeuta e/ou terapeuta ocupacional e um técnico especializado, posicionam o paciente no simulador, em uma postura correta e confortável para o paciente:



2- Digitalizando a superfície modelada

Com auxílio de um scanner tridimensional a superfície moldada é digitalizada e os dados são enviados para um computador em tempo real. Com o auxílio de um software 3D a modelagem é tratada para eliminar possíveis imperfeições da superfície.



3- Usinagem e Injeção de Poliuretano

Feito os ajustes na modelagem 3D, o arquivo é programado em código numérico computadorizado (CNC), e em seguida é usinada a escultura do corpo do paciente em um bloco de polipropileno rígido, logo após

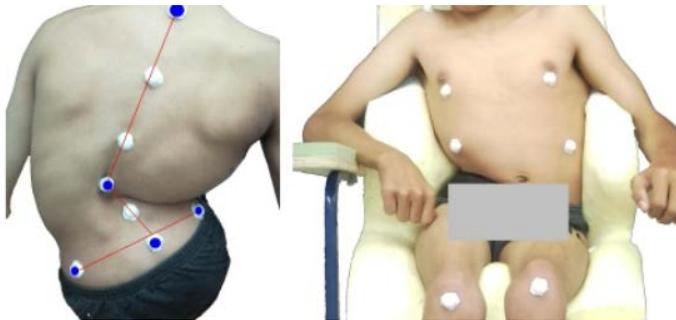
este bloco (molde positivo) é posicionado em um molde de alumínio e a espuma de poliuretano (PU) é injetada sobre ele.



4 - Produto final

O produto final são sistemas personalizados de assento e encosto para cadeira de rodas adaptados ao corpo do paciente. Eles auxiliam na prevenção de deformidades, alterações da postura e na prevenção de úlceras de pressão mais conhecidas como escaras.

Paciente com Escoliose Severa – Antes e Depois



Fonte: Adaptado de Digitis Brasil, (2016).

O quadro 11 mostra a lista de verificação do processo de fabricação digital de assentos e encostada empresa Digitis Brasil, destacando os pontos positivos e negativos.

Quadro 11 - Lista de verificação fabricação de assento e encosto digitalizados Digitis Brasil.

Nome do produto	Pontos positivos	Pontos negativos
Assento/encosto Digitis Brasil	Uso de simulador que modela a postura do paciente rapidamente e sem sujeira;	Processo de fabricação mais demorado devido aos seguintes fatores: - Escaneamento por contato exige mais do controlador;
	Digitalização feita por scanner 3D	- Usinagem de molde positivo em PP rígido, para depois injeção de PU sobre molde positivo, obtendo assento como molde negativo.
	Usinagem;	
	Produto final: assento e encosto adaptado ao usuário específico.	

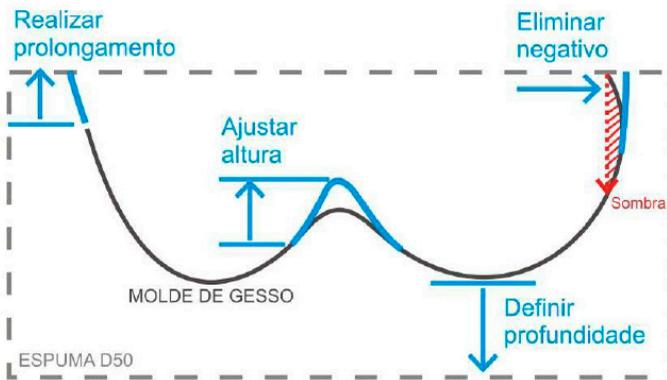
Fonte: Adaptado de Digitis Brasil, (2016).

No quadro 12, segue o processo de fabricação de assento e encosto digitalizados para cadeiras de rodas de adequação postural, desenvolvido por Silva (2011). Esse processo de fabricação tem como inovação a usinagem direta de espumas de poliuretano para assento/encosto, superando o processo de fabricação por injeção de PU, quando o assento/encosto é desenvolvido para usuários específicos. Tornando o processo de fabricação mais rápido e viável.

Quadro 12 - Fabricação de assento e encosto digitalizados, Silva (2011).

1 – Moldagem do corpo do paciente em gesso

A moldagem em gesso é um processo relativamente simples e de baixo custo, realizado por fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais. O usuário pode ser moldado em sua própria cadeira de rodas.



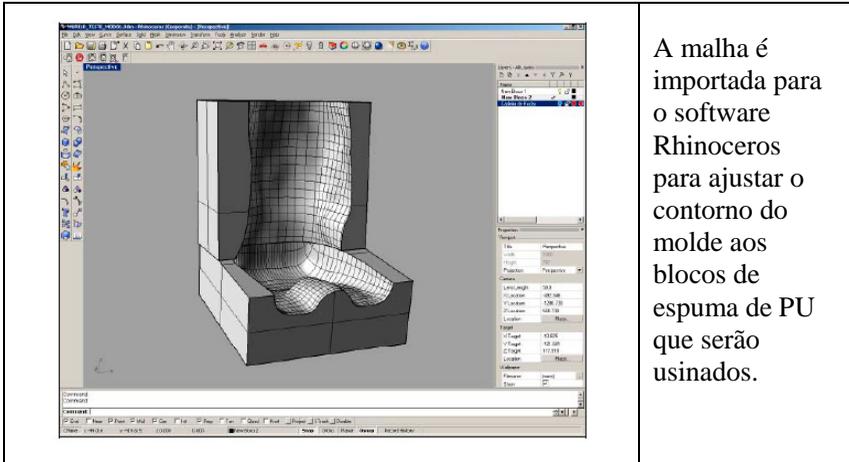
Diretrizes criadas para a moldagem do gesso

2 – Digitalização tridimensional a laser

Na sequência o molde de gesso é digitalizado com o auxílio do scanner 3D Vivid 9i para a captura da geometria.

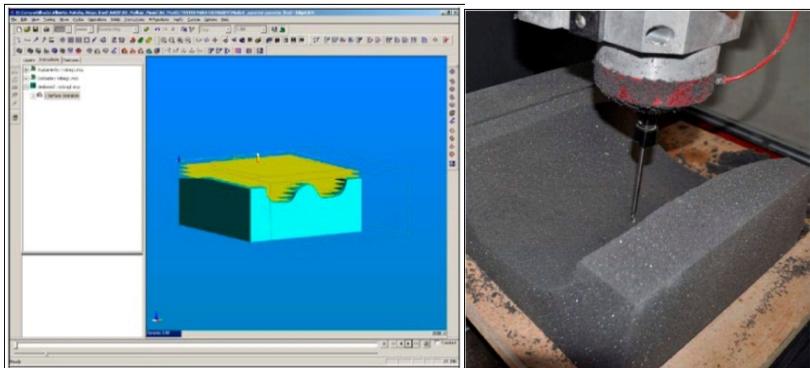


Digitalização tridimensional do molde de gesso.



3 – Usinagem CNC de bloco de espuma de PU

Depois de gerar os arquivos em 3D é programada em CAM a usinagem da peça através do fresamento CNC.



4 – Produto final

Logo após, as peças usinadas (assento e encosto), são montadas na cadeira de rodas do usuário. A avaliação é feita por profissionais de saúde que determinam se há ou não a necessidade de ajustes.



Fonte: Adaptado de Silva, (2011).

O quadro 13 mostra a lista de verificação, do processo de fabricação digital de assentos e encosto proposto por Silva (2011), destacando os pontos positivos e negativos.

Quadro 13 - Lista de verificação fabricação de assento e encosto digitalizados, Silva, (2011).

Nome do produto	Pontos positivos	Pontos negativos
Assento/encosto Silva, (2011).	Moldagem em gesso simples de ser feita e de baixo custo;	Moldagem em gesso requer cuidado quanto à sujeira e a secagem;
	Digitalização feita por scanner 3D;	Altura do assento pode comprometer a altura ergonômica do apoio de braços e apoio de pés, já estabelecido na cadeira de rodas do usuário.
	Processo de fabricação mais rápido e viável. Usinagem direta em PU, sem injeção em molde;	
	Produto final: assento e encosto adaptado ao usuário específico.	

Fonte: Adaptado de Silva, (2011).

Os processos de fabricação digital de assento e encosto analisados nos quadros de 10 a 13 teve destaque o método proposto por Silva (2011). Este processo tem como fator principal tornar viável sua fabricação, quando estes não são produzidos em série, e sim para usuários específicos, descartando a necessidade da fabricação de molde para injeção, o que aumenta muito o custo de produção, pois no método desenvolvido por Silva (2011), a usinagem é executada diretamente em espumas de PU. Para o desenvolvimento de assento e encosto, este método foi classificado como ideal para o projeto, aliado ao foco do mesmo que se limitará a elaboração e geração de novas adaptações de apoios de cabeça, braços e pés, por meio da fabricação digital.

Basicamente o processo de fabricação digital segue as seguintes etapas: primeiramente é feito o desenho em software de modelagem 3D e/ou 2D, em seguida o arquivo da modelagem é importado para um respectivo software, onde são elaborados os parâmetros para serem executados na máquina que trabalha por comando computadorizado, que pode ser uma impressora 3D, cortadora laser, *Router* cnc, dentre outras.

No item a seguir serão descritos os requisitos de projeto que visam sintetizar as informações coletadas nas etapas anteriores.

3.1.8. Requisitos de projeto

De acordo com a pesquisa realizada e os pontos positivos destacados nas análises e listas de verificações, foram definidos os seguintes requisitos de projeto para a adaptação da cadeira de rodas. Descritos no quadro 14.

Quadro 14 - Requisitos de projeto

Categoria	Requisito	Objetivo	Classificação	Fonte
Assento	Confortável, que corrija a postura. Moldado no usuário.	Digitalização e usinagem em espuma de PU.	Desejável	* Cury e Brandão; Briefing; *Silva.
Encosto	Confortável, que corrija a postura, (escoliose). Moldado no usuário.	Digitalização e usinagem em espuma de PU.	Desejável	* Cury e Brandão; Briefing; *Silva.
Encosto de cabeça	Deve ter suporte cervical e ser ajustável.	Desenvolver modelo inovador que também dê apoio ao tronco.	Obrigatório	Briefing; Análise de similares.
Apoios de braços	A altura deve respeitar a flexão do cotovelo em 90 graus e ser regulável.	Adaptar modelo existente para que acompanhe a altura do assento e seja removível.	Obrigatório	Briefing; * Cury e Brandão; Análise de similares.
Apoio dos pés	Oferecer estabilidade para os pés e membros inferiores;	Deve ter uma angulação de 90 graus entre joelhos e tornozelos. Removível ou de fácil articulação;	Obrigatório	Briefing; * Cury e Brandão; Análise de similares.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.2. FASE DE PROJETO CONCEITUAL

Nesta fase se inicia o processo criativo para buscar soluções que possam atender os requisitos de projeto e as necessidades dos usuários de cadeiras de rodas com PC.

3.2.1. Geração de alternativas

Na figura 9, segue o painel visual de referência para a geração de alternativas de apoios de cabeça/tronco.

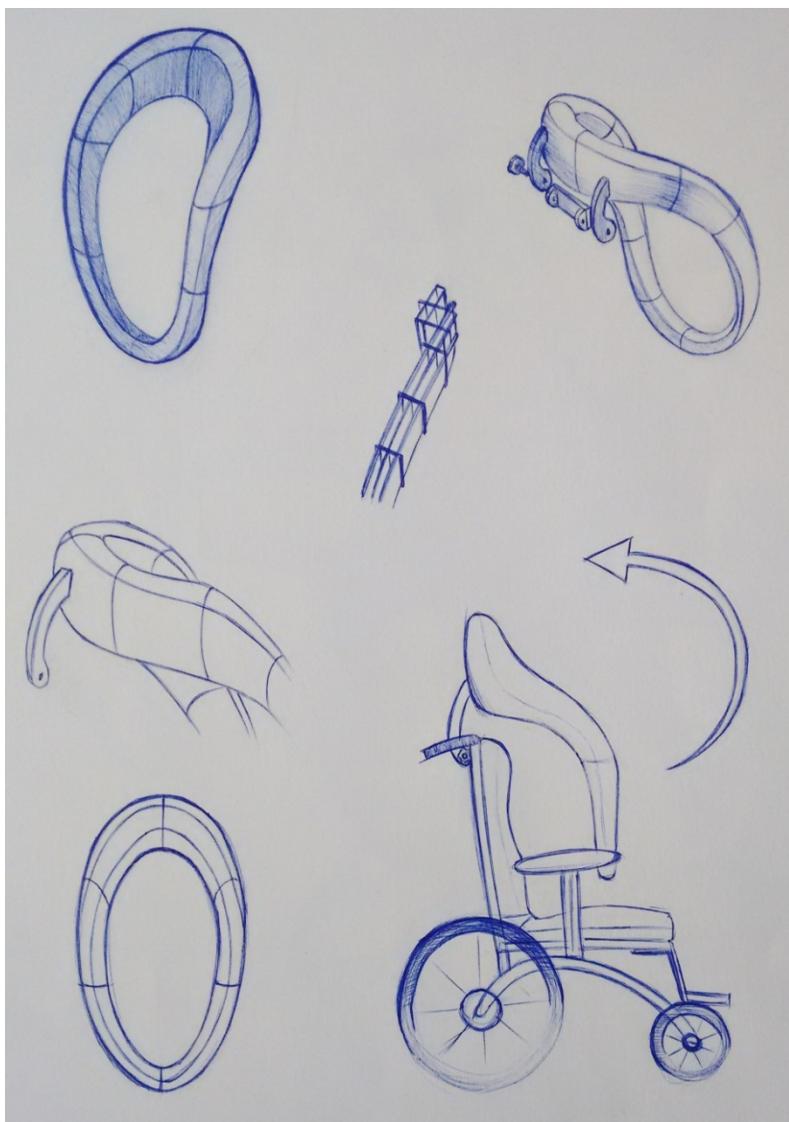
Figura 9 – Painel visual de referência, apoios de cabeça/tronco



Fonte: do autor

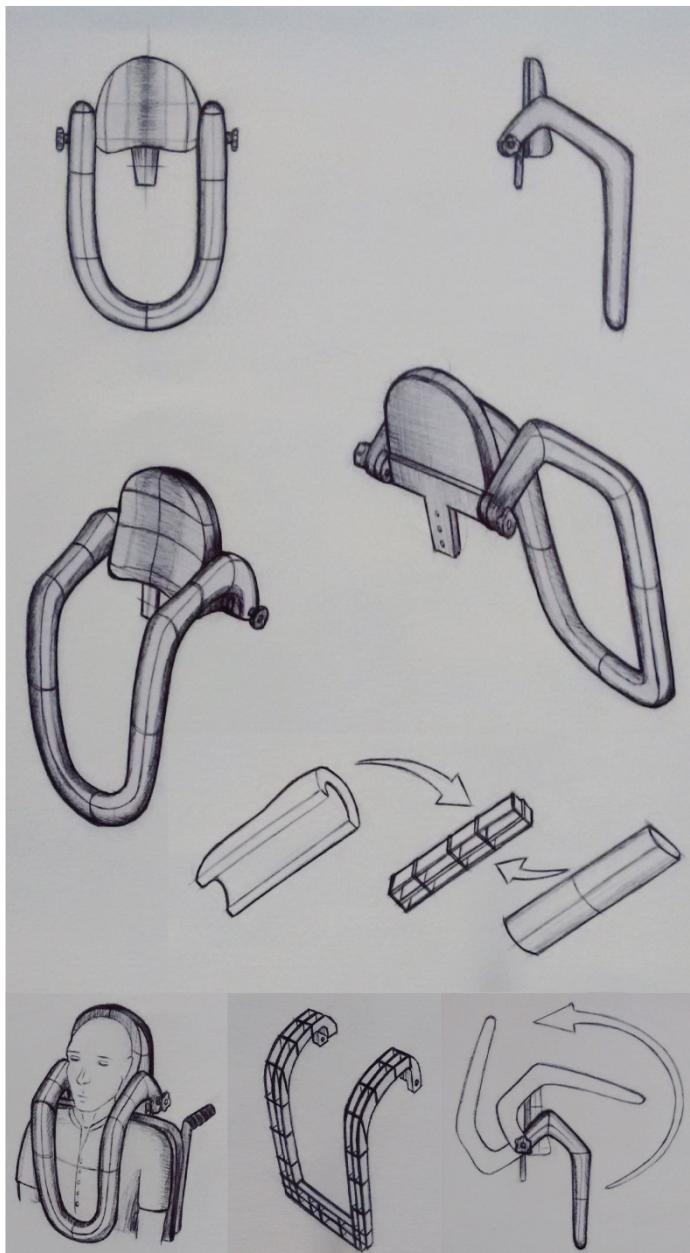
As figuras 10 e 11 mostram as gerações de alternativas de apoios de cabeça/tronco, desenhadas com canetas esferográficas azul e preta respectivamente.

Figura 10-Alternativa 1 apoio de cabeça/tronco



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 11- Alternativa 2 apoio de cabeça/tronco



Fonte: Elaborado pelo autor

A Alternativa gerada na figura 10 apresenta pontos negativos no suporte que faz a articulação, este quesito foi melhorado na alternativa da figura 11, pois, esta apresenta maior resistência e estabilidade ao tronco sendo então a alternativa escolhida. Ambas as opções apresentam estruturas de interlock leves e resistentes. Segundo Pazmino, Pupo e Medeiros (2014), interlock são configurações de planos interligados de forma intuitiva que podem ser montados formando um modelo em 3D. As alternativas apresentam as estruturas revestidas com espuma e tecido dando o devido conforto e estabilidade cervical.

3.2.2 Otimização da solução do apoio cabeça/tronco

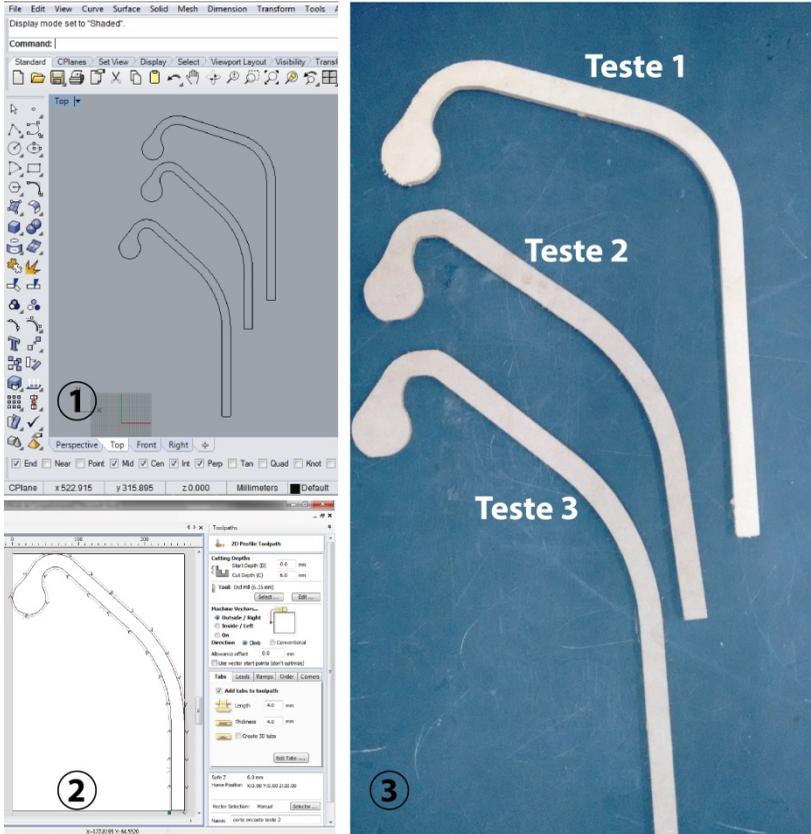
Para a otimização da solução foram construídos modelos para testes, feitos pelo autor do projeto, no laboratório de prototipagem rápida da UFSC, PRONTO 3D FabLab Florianópolis. Todos os projetos de prototipagem rápida desenvolvidos neste laboratório seguem o processo de fabricação digital.

Para começar a modelagem 3D e a construção de modelos para testes, as medidas antropométricas foram tiradas da estagiária do laboratório, Fernanda Spiller, pois era preciso simular e definir em quais partes do corpo obter as medidas, e no caso de algum erro a correção se tornava mais fácil por ser uma pessoa que estava próxima. Fernanda tem altura de 1,63 e 54kg de peso o que a coloca num perfil similar a Júlia. Com segmentos de 5% de percentil.

Com as primeiras medidas obtidas foi possível começar a modelagem 2D e 3D no software Rhinoceros, do perfil do apoio de tronco, que foi importado em arquivo formato DXF, para o software VCarve, onde foram realizadas as programações de corte para a fresadora CNC. Ao todo foram executados 6 testes no último foi definido onde tirar as medidas e o raio correto da curvatura entre o ombro e o tórax.

A figura 12 mostra resumidamente as etapas dos testes 1, 2, e 3 onde foram desenvolvidos apenas os perfis laterais do apoio de tronco. No item 1 da imagem mostra a modelagem 2D no software Rhinoceros; no item 2 a programação CNC no software VCarve; e no item 3 os três perfis depois de cortados na Fresadora CNC em MDF 6 mm. O primeiro e o segundo teste foram posicionados na modelo, mas a curvatura e as medidas ainda não eram as ideais, o que foi corrigido no terceiro teste chegando próximo da medida correta, onde se deu início ao teste 4.

Figura 12 – Etapas dos testes 1, 2 e 3 do apoio de tronco

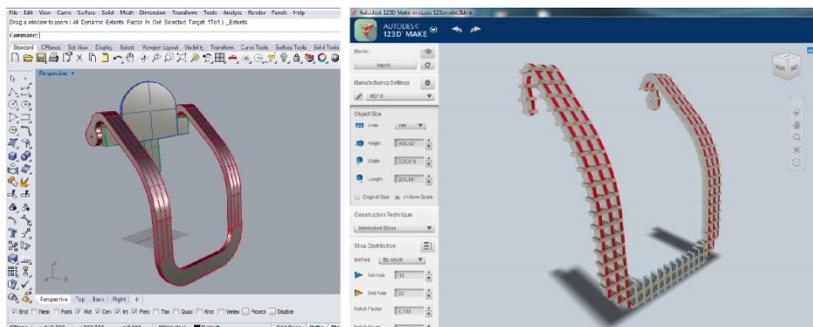


Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 13 mostra a ideia inicial gerada nos desenhos, que era desenvolver a estrutura do apoio de tronco pela técnica de *interlock* com MDF de 6mm. O arquivo da modelagem 3D foi importado para software 123DMake para criação do modelo em *interlock*, mas todas as configurações dos encaixes dos planos mostraram-se inviáveis pelos seguintes motivos: era preciso muitas peças para montagem; os encaixes das curvas ficavam frágeis por ter pouca área de contato; e para fazer o revestimento com espuma e tecido, seria necessário que a superfície da

estrutura fosse toda fechada. Então, para que o desenvolvimento da estrutura fosse possível, elaborou-se na modelagem 3D, empilhamento e encaixes de peças de MDF de 15mm de espessura, formando o modelo apresentado no quadro 15.

Figura 13 – Modelagem 3D e *interlock* do apoio de tronco, teste 4

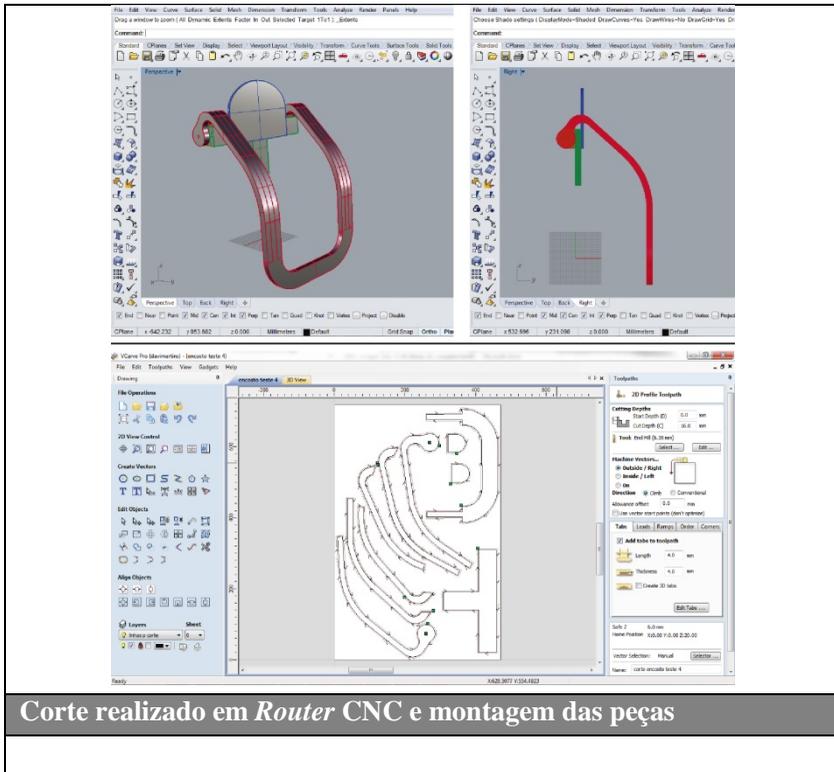


Fonte: Elaborado pelo autor

O quadro 15, mostra o processo de desenvolvimento do teste 4: modelagem 3D e 2D; programação CNC; corte CNC; montagem do protótipo; e teste com a modelo para novas correções.

Quadro 15 – Processo de desenvolvimento do teste 4

Modelagem 3D e 2D no software Rhinoceros e programação CNC no software VCarve



Corte realizado em *Router CNC* e montagem das peças



Teste com a modelo para novas correções

Abaixo as imagens dos testes feitos com a estagiária Fernanda, do laboratório PRONTO 3D, para que na sequencia fossem elaboradas as correções das medidas.



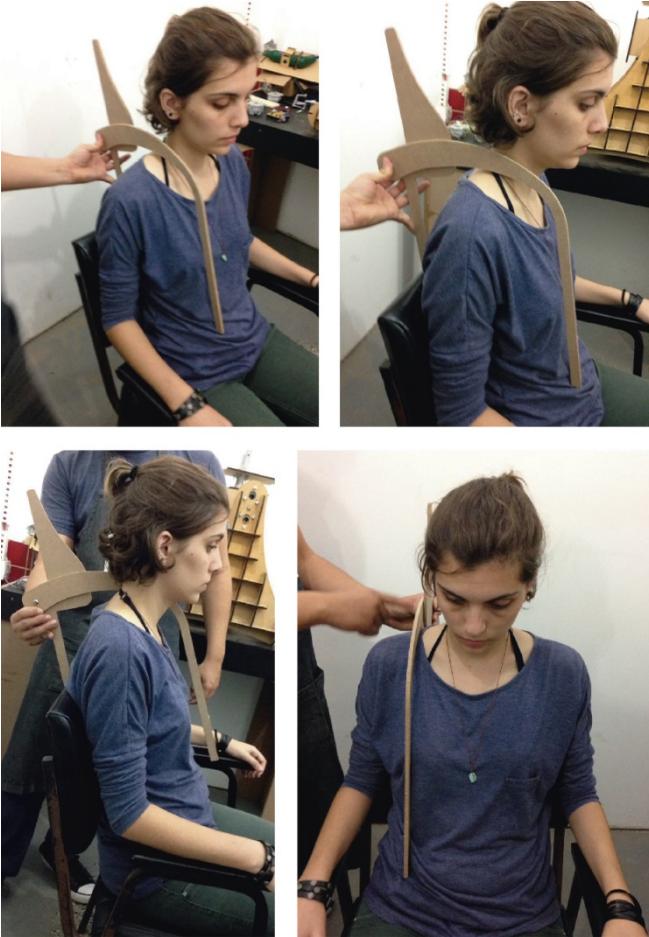
Fonte: Elaborado pelo autor

Com o modelo de teste apresentado no quadro 15 pode-se definir as últimas alterações para chegar a um modelo definitivo de estrutura. As alterações necessárias foram: aumentar a altura do encosto e o comprimento da base de sustentação para fixação no encosto da cadeira; fazer um ângulo mais fechado no “U” que fica em frente ao abdômen; diminuir a espessura de todo o arco da estrutura; aumentar a distância da articulação entre o encosto e a cabeça; e ajustar levemente a curvatura do arco entre o ombro e o tórax para que o usuário tenha sustentação do pescoço também.

O MDF de 15mm de espessura foi usado apenas nos testes por ser um material mais barato, logo o material escolhido para o protótipo final, foi o compensado naval de 18mm de espessura, por apresentar maior resistência a tração, flexão e a compressão. O compensado é formado por lâminas de madeira coladas e empilhadas com suas fibras em sentidos opostos formando uma malha muito resistente a esforços, além de ser muito resistente a umidade.

A figura 14 mostra os dois últimos testes com apenas o perfil lateral do apoio de tronco, para poder definir onde e como obter as medidas do usuário e a curvatura necessária para o desenvolvimento do protótipo final da estrutura do apoio de tronco em compensado naval.

Figura 14 – Teste 5 e 6 apoio de tronco



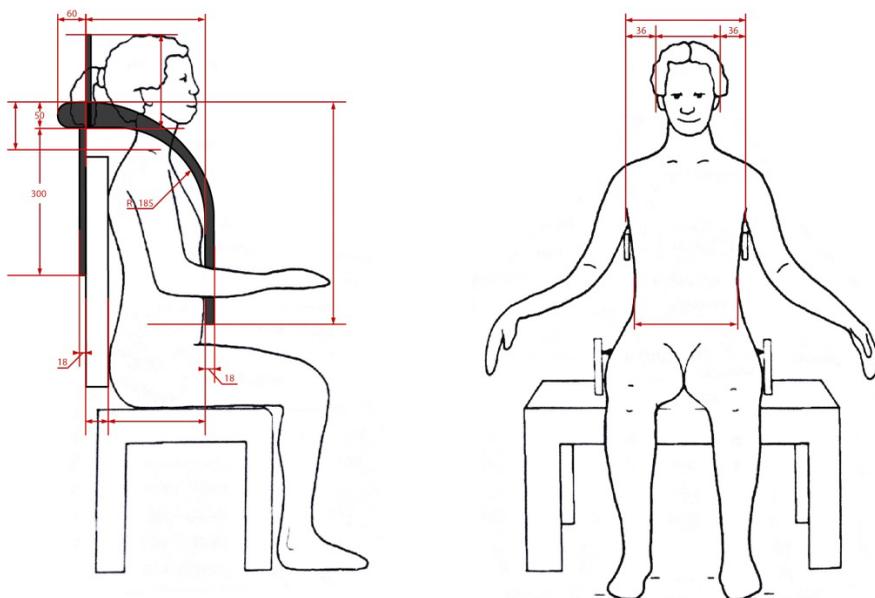
Fonte: Arquivo pessoal

Depois de todos estes testes foi possível definir onde retirar as medidas da cadeira de rodas junto ao cadeirante. O raio de 185° do ângulo entre o ombro e o tórax mostrou-se inalterável, sendo necessária apenas a mudança das distâncias de profundidade, largura e altura do encosto de cabeça e do apoio de tronco.

A figura 15 mostra quais as medidas antropométricas que devem ser retiradas para a construção da estrutura do apoio de cabeça e tronco. Algumas medidas foram padronizadas, pois dificilmente haverá alterações nas mesmas. Para a retirada das medidas deve-se levar em

consideração a espessura de 20mm da lâmina de espuma que forrará a estrutura.

Figura 15 – Medidas antropométricas para construção de apoio de cabeça/tronco



Fonte: Elaborado pelo autor

O processo de construção do protótipo final e funcional de apoio de cabeça e tronco para cadeiras de rodas posturais será apresentado detalhadamente no item 4.1.

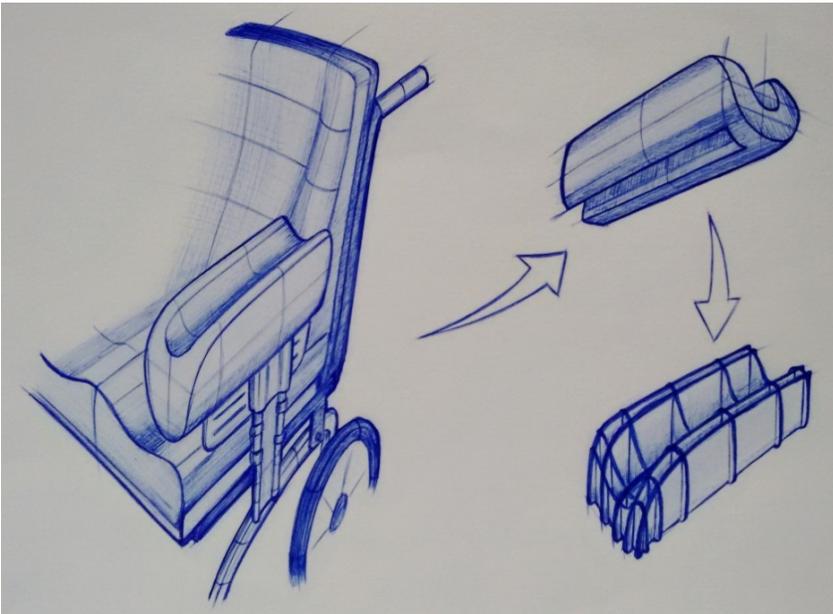
Na figura16, segue o painel visual de referência para a geração de alternativas de apoios de braço.

Figura 16-Painel visual de referência, apoios de braço.



A figura 17 mostra a alternativa desenvolvida de apoio de braço. Desenho finalizado em caneta esferográfica azul.

Figura 17- Alternativa de apoio de braço.



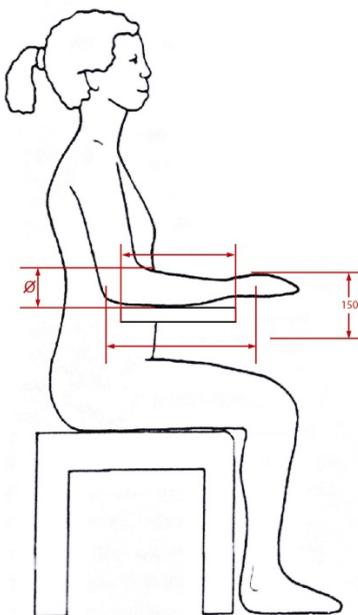
Fonte: Elaborado pelo autor

Esta alternativa de apoio de braço da figura 17 tem como características: dar maior estabilidade aos braços em repouso, pois possui uma concavidade onde o braço se adequa confortavelmente na medida do usuário. A adaptação se encaixa com facilidade no apoio de braço original da cadeira de rodas, podendo ser removido com facilidade. A estrutura de *interlock* torna o apoio leve e resistente e o conforto se dá pelo revestimento em espuma e tecido.

3.2.3 Otimização da solução do apoio de braço

Para aperfeiçoar e desenvolver esta solução o primeiro passo foi definir quais as medidas que deveriam ser retiradas do usuário e da cadeira de rodas. A figura 18 mostra as medidas antropométricas definidas para a construção do apoio de braço. Deve-se somar a espessura de 10 mm de espuma às medidas antropométricas.

Figura 18 - Medidas antropométricas em milímetros para a construção do apoio de braço.



Fonte: Elaborado pelo autor

No desenvolvimento do apoio de braço, a ideia inicial era modelar no software Rhinoceros em 3D, e importar o arquivo para o software 123DMake para poder configurar os encaixes das peças de MDF 6 mm pela técnica de *interlock*. Mas da mesma forma que aconteceu no apoio de tronco, as configurações geradas apresentaram baixa resistência mecânica, e o revestimento seria mais trabalhoso de executar. Então para o desenvolvimento do modelo final da estrutura em escala 1:1 elaborou-se no próprio Rhinoceros a modelagem 3D e 2D da configuração dos encaixes por *interlock* em compensado naval de 15mm de espessura, para na construção do modelo poder revestir a estrutura com chapas de PVC expandido de 1 e 2 mm, e na sequência forrar com espuma e tecido. Nesta etapa não foi necessária a construção de modelos de baixa e média fidelidade. O processo de construção do protótipo final e funcional dos apoios de braço será apresentado detalhadamente no item 4.1.

Na figura 19, segue o painel visual de referência para a geração de alternativas de apoios de pés.

Figura 19 - Painel visual de referência, apoios de pés.



Fonte: do autor

A figura 20 mostra a alternativa escolhida para apoio de pés. Desenho finalizado em caneta esferográfica preta.

Figura 20- Alternativa de apoio de pés.



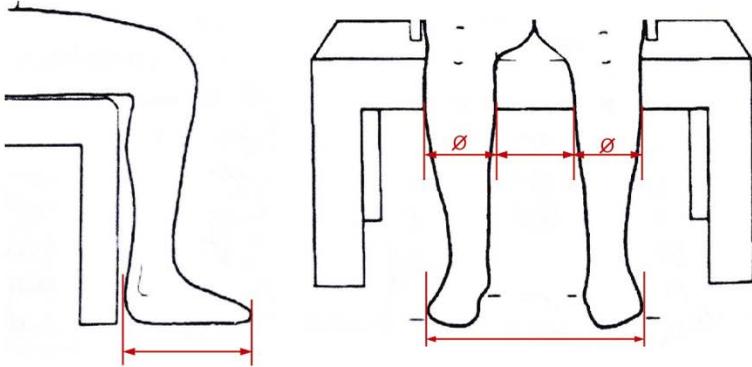
Fonte: Elaborado pelo autor

Esta alternativa de apoio de pés tem como requisito, dar suporte posterior e lateral para os pés, tornozelos e panturrilhas, pois apresenta concavidade para o encaixe de ambos os membros inferiores, dando conforto e estabilidade postural ao cadeirante.

3.2.4 Otimização da solução

Para aperfeiçoar e desenvolver esta solução o primeiro passo foi definir quais as medidas que deveriam ser retiradas do usuário e da cadeira de rodas. A figura 21 mostra as medidas antropométricas definidas para a construção do apoio de pés. Deve-se somar a espessura de 20 mm de espuma às medidas antropométricas.

Figura 21 - Medidas antropométricas para a construção do apoio de pés.



Fonte: Elaborado pelo autor

Depois de obtidas as medidas descritas na figura 21, foi realizado a modelagem 3D e 2D do apoio de pés no software Rhinoceros, onde foram elaborados os planos para serem cortados na *Router* CNC em compensado naval de 15mm de espessura. Como na construção do apoio de braço, a proposta apresenta as peças de compensado com grandes aberturas para na sequência fazer o revestimento com chapas de PVC de 1 e 2mm de espessura, o que tornou o modelo leve e resistente a esforços. O conforto se dá pelo revestimento de tecido e espumas de 20mm de espessura. O processo de construção do protótipo final e funcional do apoio de pés será apresentado detalhadamente no capítulo 4.1.

A figura 22 apresenta o desenho da alternativa final. Um modelo de cadeira de rodas de adequação postural com as adaptações que foram escolhidas na geração de alternativas.

Cadeira de rodas fabricante Ortobras, modelo Conforma Tilt.

Desenho finalizado em caneta esferográfica azul.

Figura 22 – Alternativa final.



Fonte: Arquivo pessoal.

4. FASE DE PROJETO DETALHADO

Nesta fase será apresentado todo o processo criativo da construção dos protótipos e dos modelos de apresentação, seguindo o que foi definido nas gerações de alternativas e suas otimizações, para poder atender as necessidades dos usuários de cadeiras de rodas com PC.

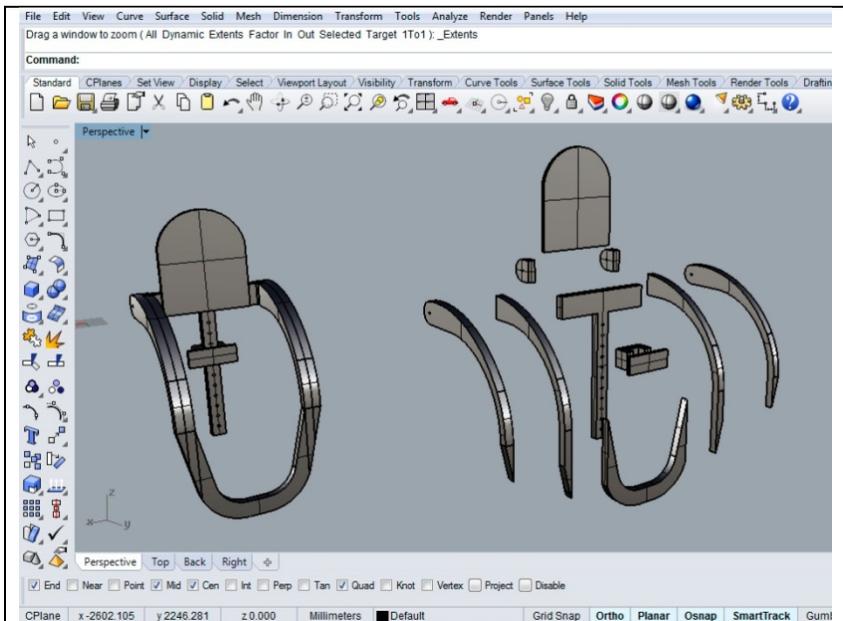
4.1. CONSTRUÇÃO DOS MODELOS DE APRESENTAÇÃO

O quadro 16 mostra o processo de construção do protótipo final e funcional da estrutura do apoio de cabeça e tronco para cadeiras de rodas posturais.

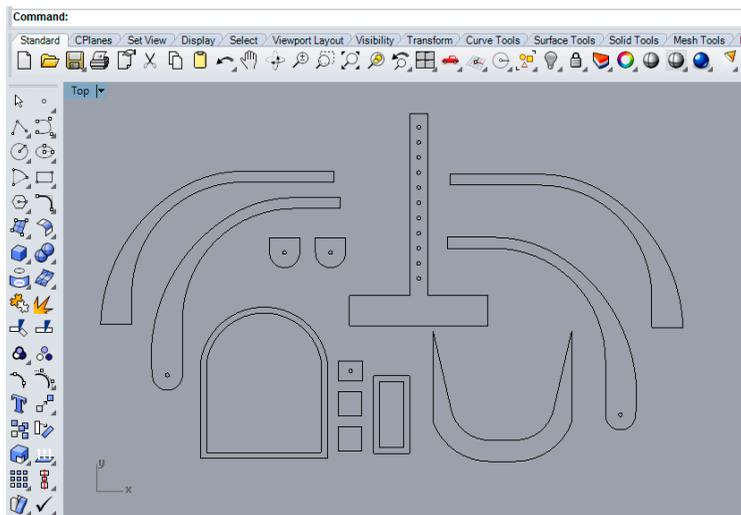
Quadro 16–Processo de construção do apoio de cabeça e tronco

Modelagem 3D e 2D da estrutura do apoio de cabeça e tronco

Depois dos testes executados para aperfeiçoamento da forma do apoio de cabeça e tronco, e das definições das medidas que foram retiradas da modelo de teste, pode-se dar início as modelagens 3D e 2D da estrutura no software Rhinoceros, mostradas nas imagens abaixo respectivamente:

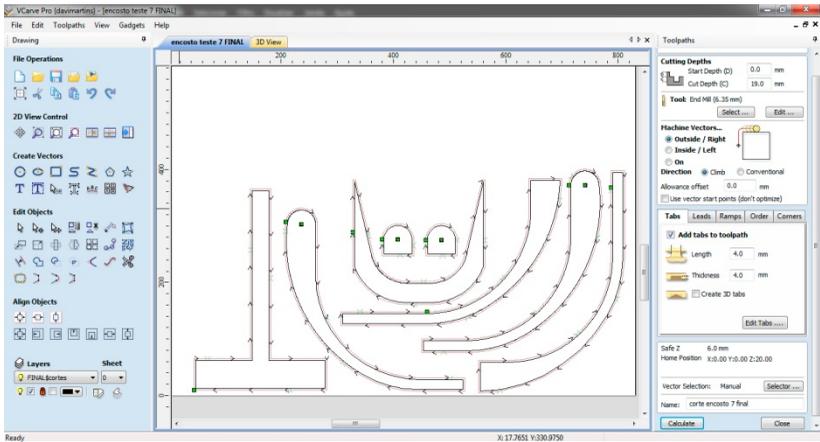


Abaixo a modelagem 2D dos planos (peças) em vetores, para importação do arquivo formato DXF para o software CAM, VCarve.

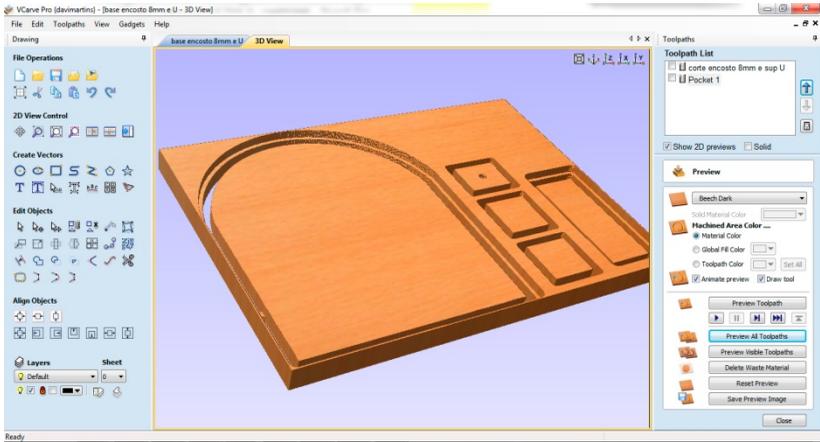


Programação de corte CNC no software CAM VCarve

Nesta etapa foram dados os parametros de usinagem para serem executados na Router CNC: corte em compensado naval de 18mm de espessura; fresa de 6,35mm de diâmetro, topo reto, 1 corte paralelo; rotação de 12mil RPM; velocidade do passo lateral de 1200mm/minuto; velocidade de mergulho de 500mm/minuto em rampa de 30°; duas passadas de 9,5mm; e adção de tabs, dentre outros parametros.



No encosto de cabeça foi necessário fazer um desbaste de 10mm de espessura no compensado naval de 18mm para que o mesmo ficasse mais leve



Corte das peças executados na *Router* CNC de 3 eixos

A imagem abaixo mostra o corte de algumas peças executado na *Router* CNC, em compensado naval de 18mm de espessura.



Montagem e acabamentos finais da estrutura

A imagem abaixo mostra as peças sendo empilhadas, coladas, e parafusadas.



Nesta imagem o arco da estrutura do apoio de tronco está montado recebendo o lixamento para ficar com todos os cantos arredondados, pois na sequência será forrado com espuma e tecido.



A imagem abaixo mostra como ficou a estrutura pronta para receber a forração com lâmina de espuma 20mm e tecido.



Fonte: Elaborado pelo autor

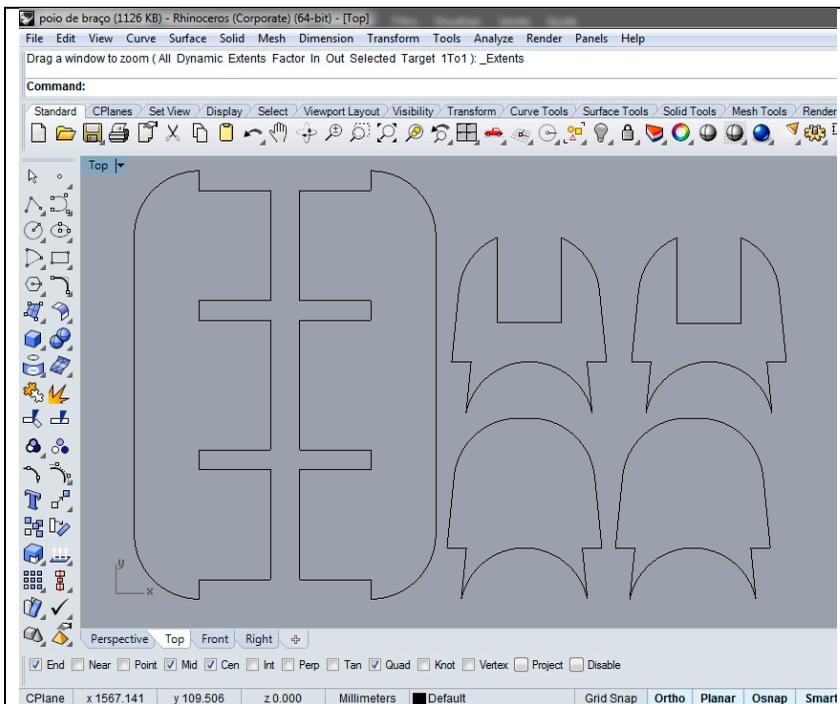
O quadro 17 mostra o processo de construção dos protótipos finais e funcionais, das estruturas dos apoios de braço, e do apoio de pés para cadeiras de rodas posturais.

Quadro 17 - Processo de construção dos apoios de braço e de pés

Modelagem 3D e 2D da estrutura do apoio de braço

Seguindo as medidas antropométricas definidas para construção da adaptação de apoio de braço, pode-se dar início as modelagens 3D e 2D no software Rhinoceros.

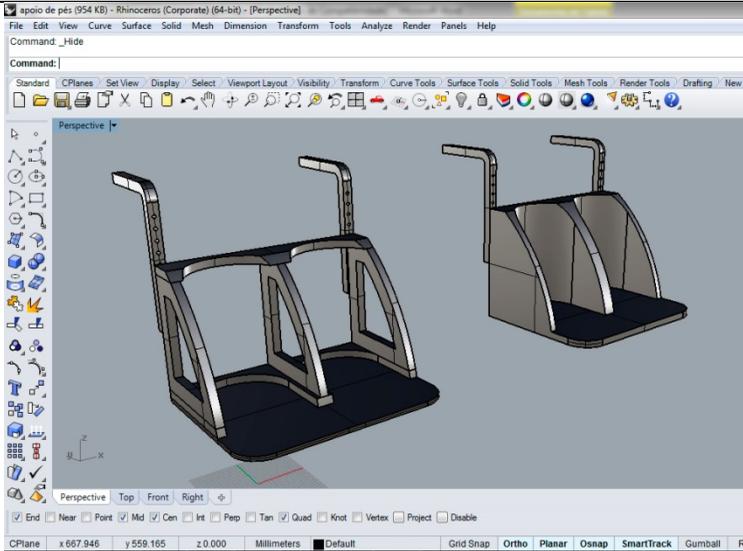




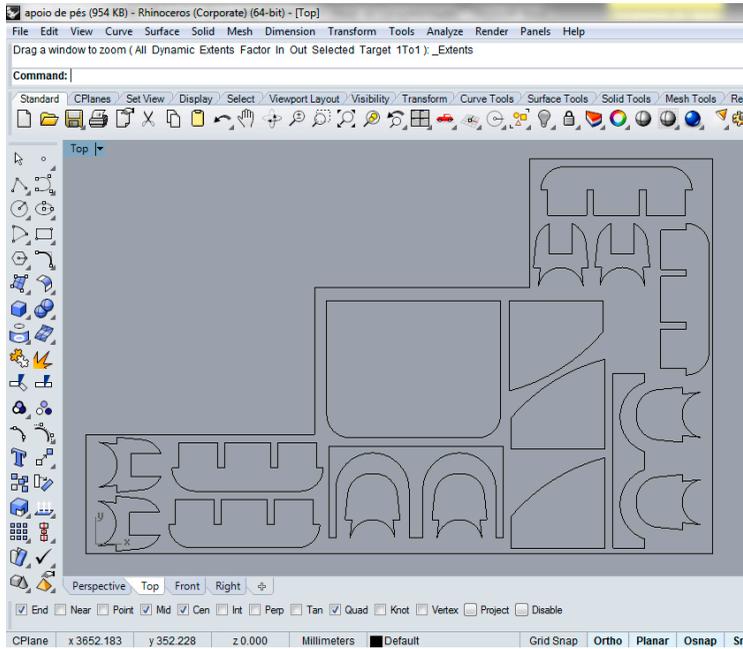
Modelagem 3D e 2D da estrutura do apoio de pés

A modelagem da estrutura do apoio de pés segue as medidas antropométricas definidas anteriormente. Nesta modelagem elaborou-se peças com 15mm de espessura e com aberturas para o revestimento com chapas de PVC, que conseqüentemente deixou o apoio de pés mais leve.

Abaixo a imagem da modelagem 3D da estrutura do apoio de pés, feita no software Rhinoceros.

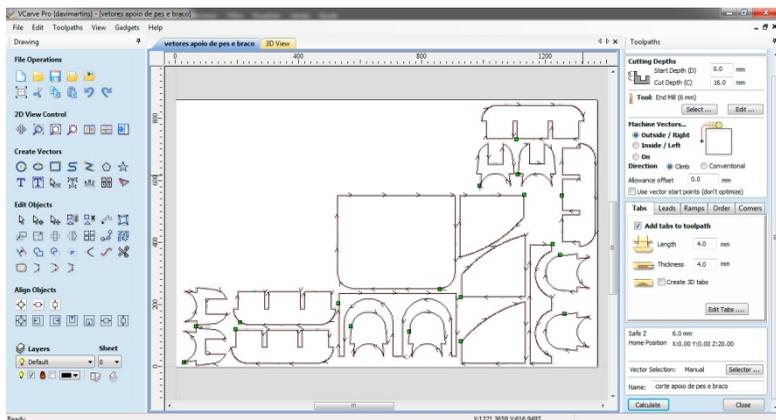


Modelagem 2D importada em arquivo formato DXF para a programação de corte CNC.



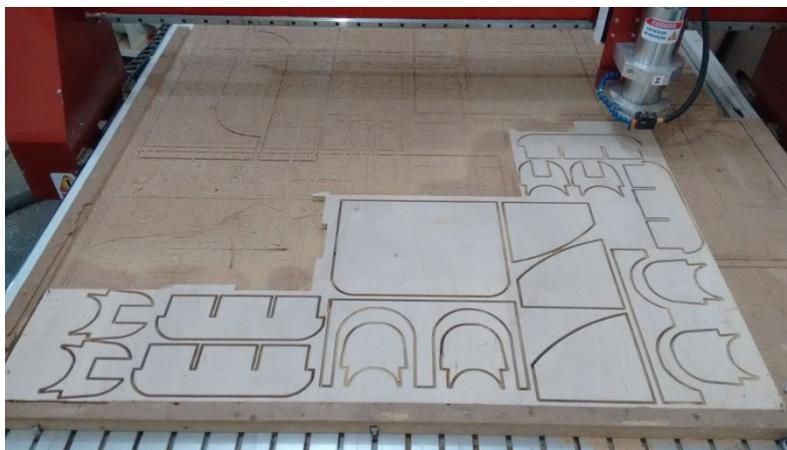
Programação de corte CNC no software CAM VCarve

Como foi definido construir as estruturas dos apoios de braço e de pés em compensado naval de 15mm, a programação e os cortes na Router CNC foram executados em conjunto. Os parâmetros de usinagem definidos na programação foram: corte em compensado naval de 15mm de espessura; fresa de 6 mm de diâmetro, topo reto, 2 cortes paralelos; rotação de 14 mil RPM; velocidade do passo lateral de 1200mm/minuto; velocidade de mergulho de 500mm/minuto em rampa de 30°; duas passadas de 8mm; e adção de *tabs*, dentre outros parâmetros.



Corte das peças executados na Router CNC de 3 eixos

A imagem abaixo mostra o corte das peças executado na Router CNC, em compensado naval de 15mm de espessura.



Montagem e acabamentos finais das estruturas de apoios de braços

Estruturas dos apoios de braços sendo montadas com cola e parafusos.

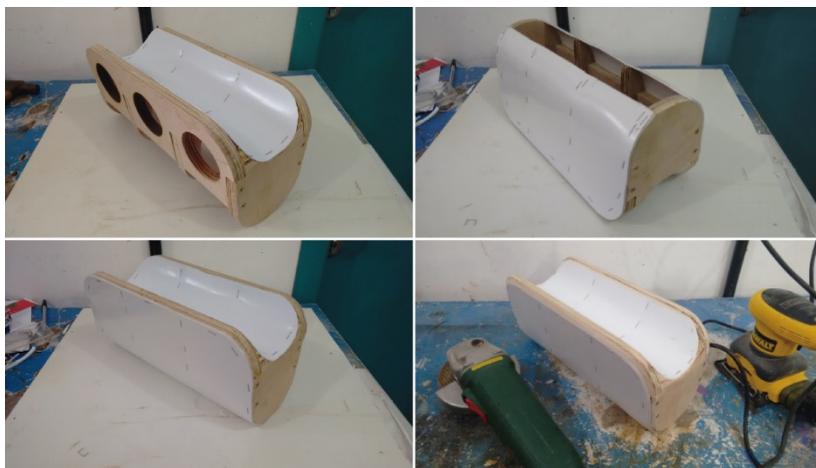


Foi necessário fazer furos laterais com serra copo na estrutura, para ficar com o peso ideal. Na sequência foi realizado o grampeamento de chapas de PVC de 1 e 2mm de espessura na estrutura. As chapas foram reaproveitadas de pranchas de PCCs de ex-alunos de Design da UFSC.



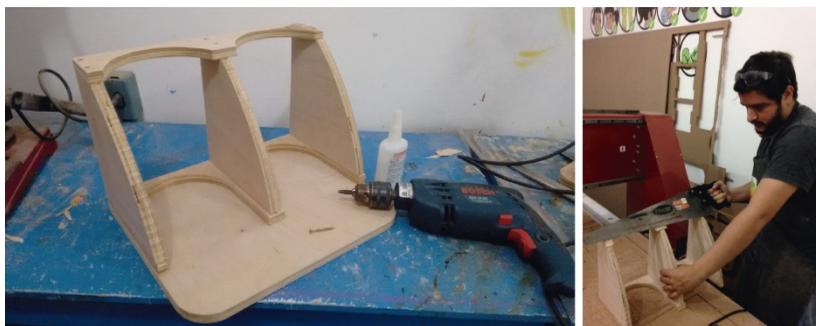
Depois de grampeadas as chapas de PVC, foi lixado todos os cantos

vivos para não danificar o forro de espuma de 10mm que viria a seguir.



Montagem e acabamentos finais da estruturas do apoio de pés

Estrutura do apoio de pés sendo montada com cola e parafusos. Canto de 90° sendo serrado para um acabamento mais confortável e seguro.



Grampeamento de chapas de PVC de 2mm de espessura na estrutura. Estas chapas também foram reaproveitadas de antigos PCCs.



Depois de grampeadas ecortadas as chapas de PVC. Foram lixados todos os cantos vivos para não danificar o forro de espuma de 20mm que viria a seguir.



Fonte: Elaborado pelo autor

Os protótipos mostrados nos quadros 16 e 17 serão apresentados finalizados com o estofamento no dia da banca e colocados no PCC.

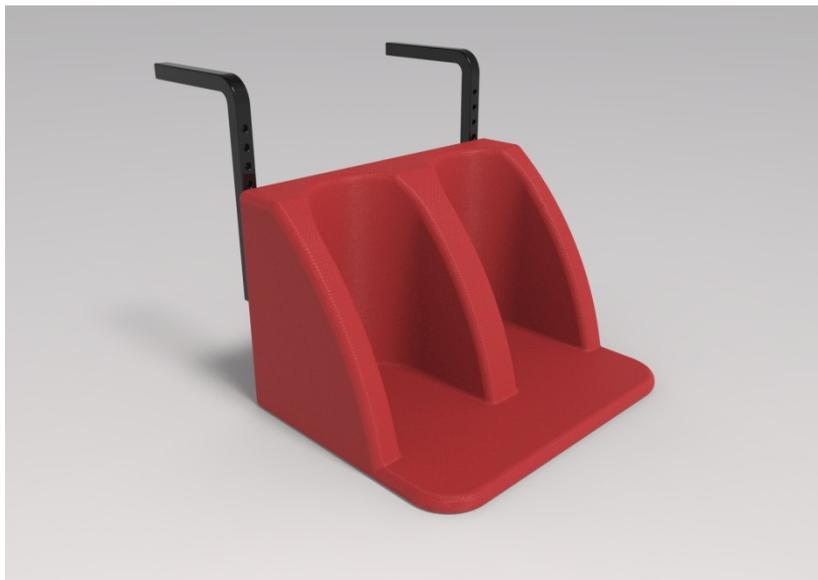
4.2. RENDERIZAÇÃO

Neste item são apresentadas as imagens das renderizações, feitas no software KeyShot6. Primeiro as soluções foram modeladas em 3D no software Rhinoceros. As imagens apresentam as adaptações finalizadas com espuma e tecido.

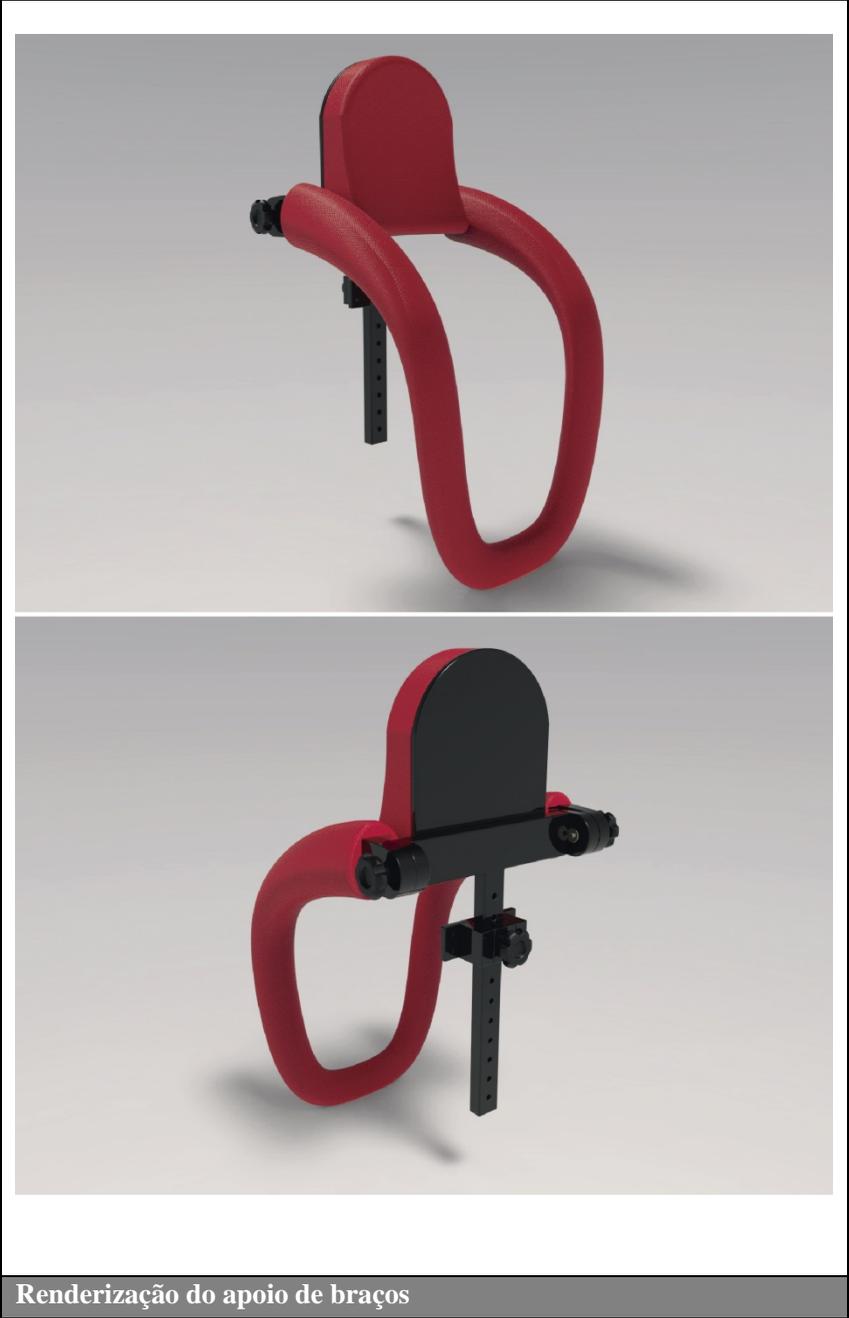
O quadro 18 apresenta as renderizações das adaptações desenvolvidas de apoio de pés, apoio de cabeça/tronco, e apoio de braço.

Quadro 18–Renderizações das adaptações desenvolvidas

Renderização do apoio de pés



Renderização do apoiode cabeça e tronco



Renderização do apoio de braços



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 23 apresenta o contexto de uso das adaptações desenvolvidas, no modelo de cadeira de rodas postural Conforma Tilt, da fabricante Ortobras. Montagem realizada nos softwares KeyShot6 e Adobe Photoshop CS6.

Figura 23 – Contexto de uso, adaptações para cadeiras de rodas posturais.



Fonte: Elaborado pelo autor

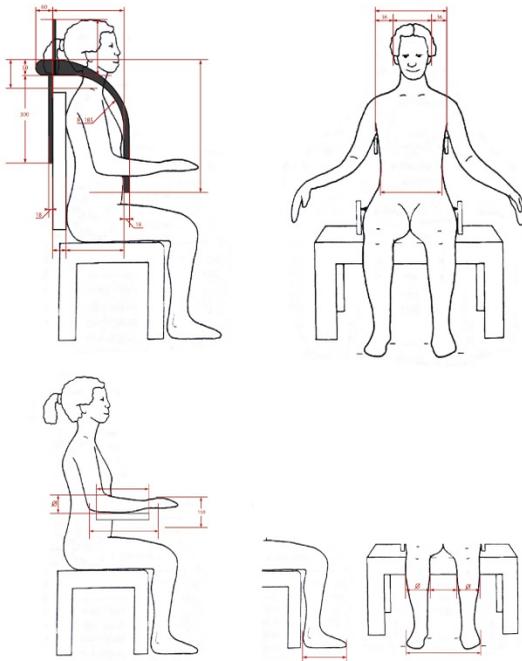
4.3. MEMORIAL DESCRITIVO

Neste item é apresentado de forma resumida o resultado do projeto por meio do fator técnico construtivo para a fabricação das adaptações desenvolvidas. De modo que o projeto possa ser fabricado em qualquer FabLab de forma viável e acessível por meio da fabricação digital.

4.3.1. Retirada das medidas antropométricas

Para dar início a fabricação, o designer deve tirar as medidas da pessoa com PC e de sua cadeira de rodas, acompanhado por um fisioterapeuta e/ou terapeuta ocupacional, que vai definir qual a posição correta para que o paciente tenha uma postura adequada e confortável. Para uma postura melhor deve-se fabricar o assento e encosto proposto por Silva (2011). A figura 24 mostra as medidas antropométricas para a fabricação das adaptações de apoios de cabeça/tronco, de braço e de pés.

Figura 24 – Medidas antropométricas para fabricação das adaptações

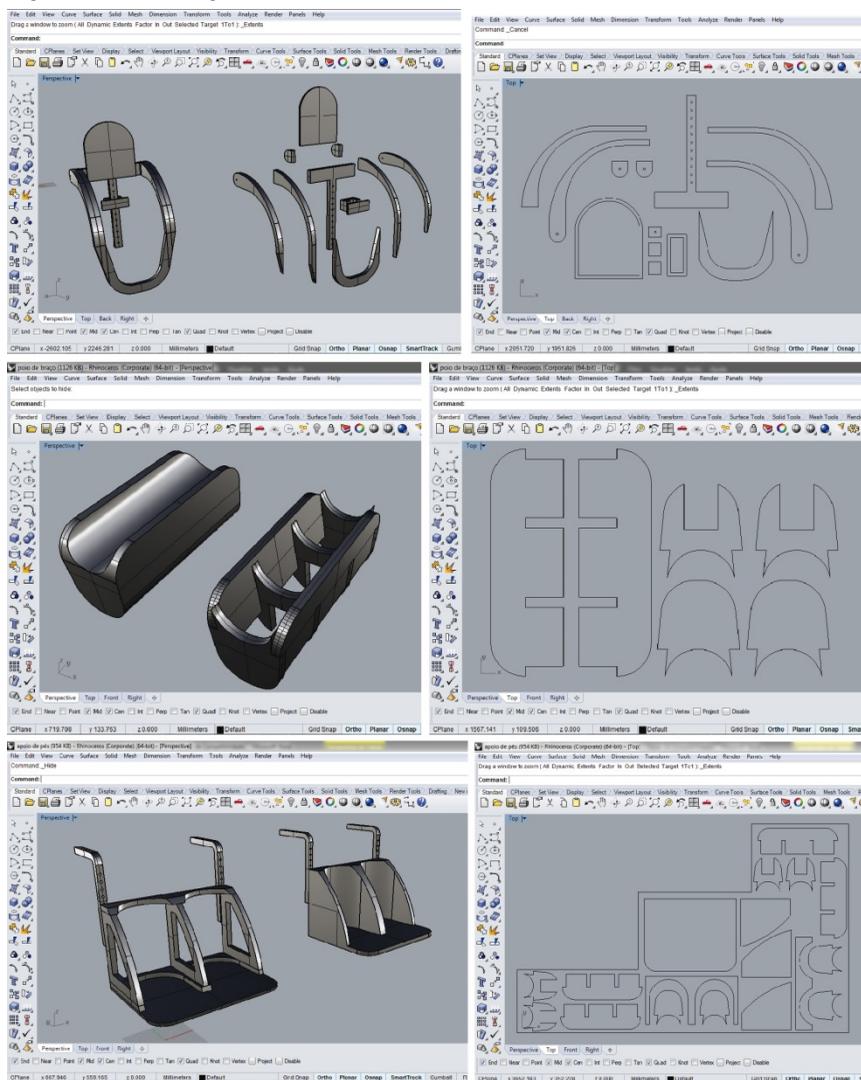


Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2. Modelagem 3D e 2D das adaptações

Nesta etapa deve ser executada a modelagem em software CAD 3D e 2D das adaptações propostas, seguindo as medidas retiradas do usuário e da cadeira de rodas. A figura 25 mostra o processo.

Figura 25 – Modelagens 3D e 2D



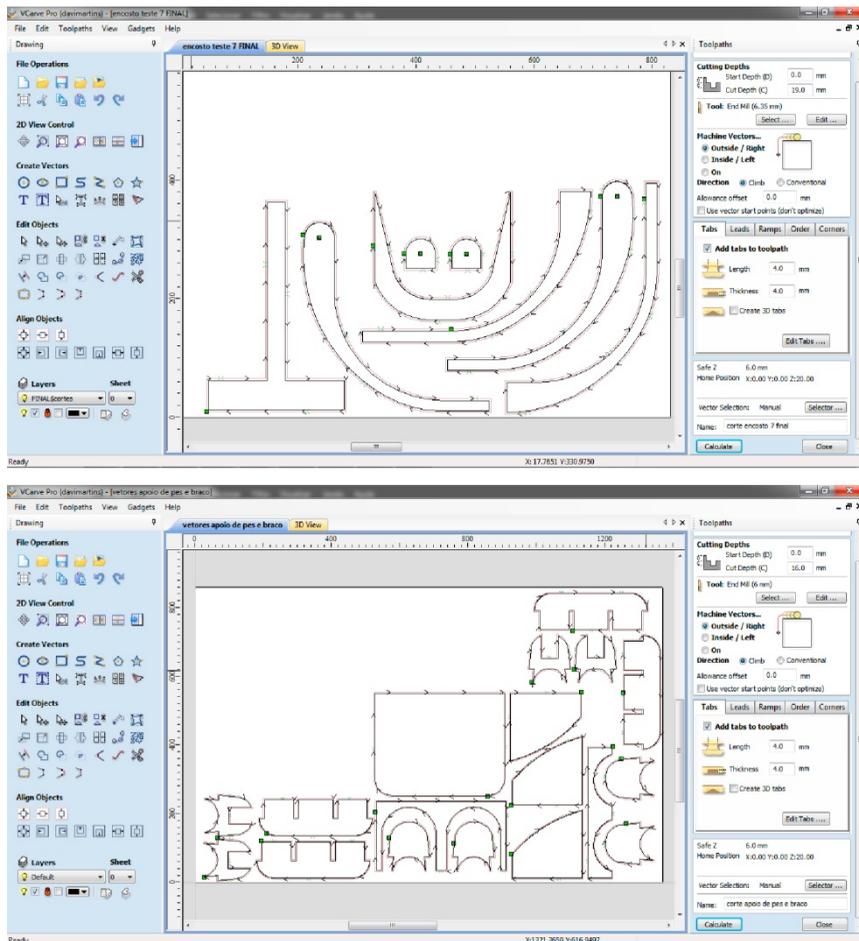
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3. Programação de corte CNC em software CAM

Depois que os arquivos 2D (vetores) forem gerados, os mesmos devem ser importados para um software CAM, onde será elaborado a

programação de corte CNC, das peças que formarão as estruturas das adaptações. A figura 26 mostra o processo.

Figura 26 – Programação de corte CNC



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.4. Corte das peças executadas em Router CNC de 3 eixos

Com o arquivo da programação CNC pronto, importa-se o mesmo para o software da Router CNC, onde serão executados os cortes em compensado naval de 18mm e 15mm de espessura das peças das estruturas. A figura 27 mostra o processo.

Figura 27 – Corte CNC



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.5. Montagem e acabamentos finais das adaptações

Nesta etapa as peças das estruturas são montadas com cola para madeira e parafusos de 3,5mm x 40mm Philips de rosca soberba. Depois as estruturas são forradas com chapas de PVC expandido de 1mm e 2mm de espessura fixadas com grampos. Na sequência as estruturas são lixadas para a remoção de cantos vivos podendo receber o estofamento com espuma laminada e tecido. A figura 28 mostra o processo.

Figura 28 - Montagem e acabamentos finais das adaptações



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 29 apresenta o resultado final das estruturas das adaptações, faltando apenas o estofamento. O protótipo finalizado será apresentado no dia da banca e anexado ao PCC após as correções.

Figura 29 – Resultado final da construção das estruturas.



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.6. Materiais

As escolhas dos materiais são descritas abaixo.

- Compensado naval de 18mm e 15mm de espessura: este material foi escolhido para a construção das estruturas, por apresentar boa resistência a esforços e a umidade, pela praticidade em poder cortar varias peças em uma mesma prancha, por ser uma madeira transformada relativamente leve e boa para fazer estofamento, e por apresentar bom custo/beneficio;
- Chapas de PVC expandido de 1mm e 2mm reaproveitadas: o material apresenta boa resistência a esforços e boa flexibilidade, sendo ideal para a forração das estruturas, e o reaproveitamento baixa o custo de produção, sendo também sustentável.
- Lâminas de espumas de PU de 10mm e 20mm de espessura: material macio para dar o conforto necessário às adaptações, evitando o aparecimento de escaras no usuário;
- Tecido acquablock: tecido impermeável, e que apresenta bom conforto térmico.

5. CONCLUSÃO

Com as soluções apresentadas, conclui-se que é possível desenvolver adaptações para cadeiras de rodas posturais existentes no mercado, de forma que as mesmas supram as necessidades do usuário específico, e tenham um custo de produção acessível, pois o projeto apresenta o método de construção dos itens por meio da fabricação digital, sendo possível reproduzir em qualquer laboratório que trabalhe com esse tipo de tecnologia como os FabLabs. A viabilidade do projeto se dá pelo fato da escolha dos materiais e pelo tipo de fabricação, sendo que o produto é feito sob medida para o usuário. Em uma indústria o custo de produção seria viável apenas em uma produção em série, que não é o caso deste projeto por se tratar de um produto centrado no usuário.

A pesquisa sobre classificações da paralisia cerebral foi importante para traçar os padrões da deficiência e ver que era possível elaborar produtos que poderiam ser redimensionados seguindo as medidas antropométricas do usuário.

Contudo o projeto das adaptações de apoio de cabeça e tronco, apoios de braços, e apoio de pés, aliado ao assento e encosto proposto por Silva (2011), acredita-se que as pessoas com paralisia cerebral de nível 5 possam ter uma melhoria da qualidade de vida com maior conforto e uma postura adequada que não prejudique a saúde.

O resultado do projeto mostrou que é possível por meio do design desenvolver tecnologias assistivas de baixo custo. Também mostrou que existe um campo de atuação para o exercício do design social, design inclusivo e design assistivo.

Como sugestão de trabalhos futuros se recomenda que seja desenvolvido o assento por meio do método apontado neste trabalho e que sejam desenvolvidos mais projetos para pessoas com paralisia cerebral.

REFERÊNCIAS

1. ABPC, Associação Brasileira de Paralisia Cerebral. Paralisia Cerebral - Perguntas e Respostas: O que cuidadores e pacientes devem saber. Disponível em: <<http://paralisiacerebral.org.br/saibamais05.php>> Acesso em: 22 jun. 2016.
2. ADAPTTE. Disponível em: <<http://www.adaptte.com.br/cadeiras.html>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
3. ALVES, Maria Bernardete Martins; ARRUDA, Susana Margareth. Como fazer referências: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documento. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Biblioteca Universitária, c2001. Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/design/framerefer.php>> Acesso em: 16 Mar. 2016.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6024: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento escrito: apresentação. Rio de Janeiro, 2012.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.
7. BERSCH, Rita. Introdução à tecnologia assistiva. Porto Alegre RS: [s.n.], 2013. 20p. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf> Acesso em: 22 jun. 2016.
8. CEREBRALPALSY SOLICITOR. Types of Cerebral Palsy. Disponível em: <<http://www.cerebral-palsy-solicitor.co.uk/types-cerebral-palsy>> Acesso em: 22 jun. 2016.

9. CURY, Valeria Cristina Rodrigues; BRANDÃO, Marina de Brito. Reabilitação em paralisia cerebral. Rio de Janeiro: MedBook, 2011. xvi, [2] 460 p. ISBN 9788599977545
10. DIGITIS, Brasil. Disponível em: <<http://www.digitisbrasil.com.br/produtos/cadeira-de-rodas-adaptada/cadeira-de-rodas-digitalizada/>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
11. FCEE. Disponível em: <<http://www.fcee.sc.gov.br/>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
12. HIRATUKA, Erika. Demandas de mães de crianças com paralisia cerebral em diferentes fases do desenvolvimento infantil; 298 f. Dissertação (Mestrado); Universidade Federal de São Carlos/UFSCar, 2009.
13. IDEAPRACTICES. Disponível em: <<http://www.ideapractices.org/>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
14. JAGUARIBE. Disponível em: <<http://www.ortopediajaguaribe.com.br/produto/cadeira-de-rodas-fit-reclinavel/>>. Acesso em: 24 maio 2017.
15. MNSUPRIMENTOS . Disponível em: <<http://www.mnsuprimentos.com.br/menu/?p=429>>. Acesso em: 24 maio 2017.
16. MOBILITYBRASIL. Disponível em: <<http://www.mobilitybrasil.com.br/produto/id/140/nome/apoio-de-cabeca-i2i-stealth>> Acesso em: 02 out. 2016.
17. ORTHO REHAB. Disponível em: <<http://www.orthorehab.pt/portfolios/sistema-de-posicionamento/>>. Acesso em 02 out. 2016.
18. ORTOBRAS. Disponível em: <<http://www.ortobras.com.br/solucoes/cadeiras-de-rodas/linha-postural>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
19. PALISANO, Robert et al. Gross Motor Function Classification System: GMFCS. [S.l.]: CanChild Centre For Childhood Disability Research, McMaster University/ Dev Med Child

- Neurol1997;39:214-223, 1997. 2 p. v. 1. Disponível em:
<<http://www.canchild.ca>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
20. PAZMINO, Ana Veronica; PUPO, Regiane; MEDEIROS, Ivan. Modelos de Diversas Fidelidades no Processo de Design Iterativo. 2014. 12 p. 11º P e D Design (Design)- UFSC, Gramado RS, 2014.
 21. PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. Design de interação: além da interação homem- computador. Porto Alegre: Bookman, 2005.
 22. ROZENFELD, Henrique. et al. Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006
 23. RUSSELL, Dianne J. et al. Medida da função motora grossa : (GMFM-66 & GMFM-88) : manual do usuário; tradução Luara Tomé Cyrillo, Maria Cristina dos Santos Galvão, 2011.
 24. SAÚDE COM CONFORTO. Disponível em: <http://www.saudecomconforto.com.br/index.php?route=product/category&path=85_100>. Acesso em: 24 maio 2017.
 25. SDH, 2010. Disponível em: <<http://www.sdh.gov.br/assuntos/pessoa-com-deficiencia>> Acesso em: 22 jun. 2016.
 26. SILVA, Fabio Pinto. Usinagem de espumas de poliuretano e digitalização tridimensional para a fabricação de assentos personalizados para pessoa com deficiência. 2011. 192 p. Tese (Doutorado em Engenharia)- Engenharia, UFRGS, Porto Alegre RS, 2011. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/36040/000816037.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
 27. SILVA¹, Daniela Baleroni Rodrigues et al. Sistema de Classificação da Função Motora Grossa: Ampliado e Revisto. CanChild, São Paulo, p. 1-6, jan. 2007. Disponível em: <https://canchild.ca/system/tenon/assets/attachments/000/000/075/original/GMFCS-ER_Translation-Portuguese2.pdf> Acesso em: 22 jun. 2016.

28. SPOSITO, Maria Matilde de Mello; RIBERTO, Marcelo. Avaliação da funcionalidade da criança com paralisia cerebral espástica. *Acta Fisiátrica*, [S.l.], v. 17, n. 2, p. 50-51, mar. 2010. Disponível em: <http://www.actafisiatrica.org.br/detalhe_artigo.asp?id=53>. Acesso em: 22 jun. 2016.
29. SUNRISE MEDICAL. Disponível em:<<http://www.sunrisemedical.pt/cadeiras-multiposicionadoras-zippie>>. Acesso em: 01 out. 2016.
30. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Biblioteca Universitária. Trabalho acadêmico: guia fácil para diagramação: formato A5. Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://www.bu.ufsc.br/design/GuiaRapido2012.pdf>>. Acesso em: 16 Mar. 2016