Processo de Adaptação de Cadeira de Rodas para Usuários com Paralisia Cerebral Nível 5 no GMFCS

Davi Goulart, **davigoulartmartins@gmail.com –** Curso de Design. Departamento de Exp. Gráfica, Universidade Federal do Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

Ana, Pazmino, **anaverpw@gmail.com –** Curso de Design. Departamento de Exp. Gráfica, Universidade Federal do Santa Catarina, Florianópolis, Brasil

Resumo

O trabalho apresenta o projeto de um processo de adaptação de cadeira de rodas de baixo custo para usuários com paralisia cerebral nível 5 no *Gross Motor Function Classification System* (GMFCS). A fundamentação teórica trata de temas relacionados a compreensão da paralisia cerebral e tecnologia assistiva / social. Ao longo do artigo, é mostrado o processo de projeto que utiliza uma adaptação do método de desenvolvimento de produtos de Rozenfeld, 2006. Dentro de uma dinâmica participativa e iterativa, envolvendo as fases de análise – teste e redesign das peças adaptadas. O artigo mostra as principais fases do projeto e da construção dos modelos dos apoios necessários a serem adaptados em uma cadeira de rodas, além dos testes para validar o produto final. Os resultados abrangem: modelos de apoio de tronco, cabeça, pés e braços, além de um processo sistematizado para construção de baixo custo de peças ergonômicas e econômicas para cadeira de rodas de pacientes com paralisia cerebral. O trabalho mostra que uma ação projetual pode melhorar a condição de um grupo social.

Palavras-chave: tecnologia assistiva; paralisia cerebral; cadeira de rodas.

Wheelchair Adaptation Process for Users with Cerebral Palsy Level 5 in GMFCS

Abstract

The paper presents the design of a low-cost wheelchair adaptation process for users with level 5 cerebral palsy in Gross Motor Function Classification System (GMFCS). The theoretical foundation deals with themes related to the understanding of cerebral palsy and assistive / social technology. Throughout the article is shown, the project process that uses an adaptation of product development method, Rozenfeld, 2006. Within a participatory and iterative dynamic, involving the phases of analysis - test and redesign of the adapted pieces. The article shows the main phases of the design and construction of the models of the supports needed to be adapted in a wheelchair besides the tests to validate the final product. The results include: trunk, head, feet and arm support models, as well as a systemized process for low-cost construction of ergonomic and economical wheelchair parts for patients with cerebral palsy. The work shows that a design action can improve the condition of a social group.

Keywords: assistive technology; cerebral palsy; wheelchair.

1 INTRODUÇÃO

O design social é o exercício das capacidades projetuais para interpretar as necessidades de grupos sociais menos favorecidos e elaborar propostas que atendam suas necessidades, que sejam de baixo custo e altamente funcionais.

A tecnologia visa criar projetos que tornem o dia-a-dia das pessoas mais simples, 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 da adaptação de uma cadeira de rodas para uma jovem com Paralisia Cerebral (PC). Essa deficiência demanda necessidades específicas em relação ao cuidado postural e de locomoção do paciente. 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 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 da adaptação da cadeira de rodas destinou-se a uma usuária com paralisia cerebral de nível 5 no GMFCS. Os problemas identificados foram: os modelos de cadeiras de rodas existentes no mercado nacional apresentam tamanhos e regulagens limitadas onde são feitas pequenas adaptações pelos fabricantes, que dificilmente correspondam 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; o mercado apresenta grande variedade em cadeiras de rodas para pessoas com PC, mas para cada caso existem necessidades específicas que dificilmente são atendidas.

Dessa forma, o objetivo do projeto foi a adaptação de uma cadeira de rodas para usuária com paralisia cerebral de nível 5 no GMFCS, que ofereça conforto e corrija sua postura. Os objetivos específicos que nortearam o trabalho foram: Definir paralisia cerebral e suas classificações; Descrever GMFCS nível 5; Pesquisar tecnologia assistiva para cadeira de rodas; Levantar necessidades da usuária; Gerar soluções; Construir modelo; Testar; Alterar e Construir o protótipo.

2 DEFINIÇÃO DA PARALISIA CEREBRAL

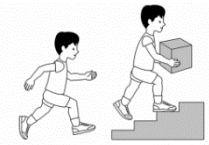
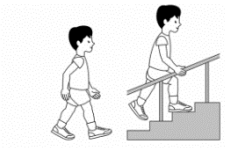
A Paralisia Cerebral (PC) ou Encefalopatia Crônica não Progressiva da Infância refere-se a um grupo de desordens não progressivas do desenvolvimento do controle motor que ocorrem como resultado de uma lesão no sistema nervoso central em desenvolvimento, antes, durante ou relativamente logo após o parto. (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.

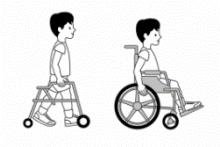
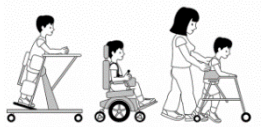
O Sistema de Classificação da Função Motora Grossa GMFCS, classifica a função motora de crianças com PC desde o nascimento até os 18 anos de idade, divididas em cinco grupos etários distintos: até os 2 anos, entre 2 e 4, 4 e 6, seis e 12 e 12 e 18 anos. A classificação é baseada nos seguintes aspectos: 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 cincos níveis entre 6 e 12 anos de idade (PALISANO *et al*.,1997; SILVA[1] *et al.,*2007; SPOSITO e RIBERTO, 2010).

Quadro 1 - Níveis do GMFCS Fonte: Adaptado de Palisano *et al.,* (1997) Ilustração Bill Reid *et al.,* (1997)

	**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.
	**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.

Quadro 2 - Níveis do GMFCS Fonte: Adaptado de Palisano *et al.,* (1997) Ilustração Bill Reid *et al.,* (1997). Continuação.

	**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 distâncias, e em espaços externos com terrenos irregulares, pode também necessitar de adaptações.
	**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 continuo e assistência e/ ou adaptações para atingir êxito parcial.
	**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.

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 Silva *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 foi necessário conhecer sobre tecnologia assistiva como forma de melhoria de equipamento para uma cadeira de rodas.

3 TECNOLOGIA ASSISTIVA

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;
- Permitir maior independência dos indivíduos;
- Prevenir alterações secundárias como deformidades e contraturas;
- Melhorar desempenho funcional e participação social;
- Melhorar qualidade de vida.

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).

3.1 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 poplítea (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).

3.2 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).

3.3 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 1 mostra adaptações para assento, encosto, apoios de braços e pés. (A) de assento e encosto; (B) de assento e encosto com apoios laterais; (C) com cintos de tronco e membros superiores.



Figura 1: Adaptações de assento, encosto e apoios laterais
Fonte: Cury e Brandão *et al.,* (2011).

3.4 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 preção 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, preção na região poplítea 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).

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto foi realizado para a Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE) 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 no estado de 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 do FCEE 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.

- A adaptação da cadeira de rodas foi para uma adolescente Júlia (paciente do FCEE), a cadeira encontrava-se incompatível ao seu tamanho, pois não acompanhava mais o crescimento da paciente, que estava com treze anos de idade, causando desconforto e uma postura incorreta, que agrava seu quadro clínico;
- O encosto de cabeça não proporcionava a devida sustentação e conforto, pois não tinha altura ideal. A paciente apresentava movimentos involuntários e precisava de um encosto que sustente o pescoço;
- O encosto encontrava-se em uma altura imprópria, abaixo do ombro;
- O assento era menor que o comprimento das coxas da usuária e o apoio para os pés não sustentava as pernas corretamente, o que causava uma rotação do quadril e respectivo encurtamento de uma das pernas;
- A usuária necessitava de um suporte para sustentação do tronco, uma espécie de cinto, para que seu corpo não fosse projetado para frente por movimentos involuntários;
- O tecido do assento e encosto era escorregadio;
- A cadeira de rodas era difícil de ser transportada, precisava ser leve e prática para mãe da Júlia;
- A haste de metal que sustenta o apoio dos pés apresentava risco de acidente, o mesmo acontecia com a haste do encosto;
- Os braços da cadeira precisavam 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 tinham que seguir o formato da coluna da paciente dando conforto e corrigindo a postura.

O Fisioterapeuta do FCEE mencionou que além da classificação no nível 5 do GMFCS, Júlia apresentava um quadro clinico de PC do tipo, espástica-distônica. Espástica porque ela tinha 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.

A figura 2 mostra a Júlia e as condições em que se encontrava sua cadeira de rodas, fabricante Ortobras, modelo Conforma Tilt.



Figura 2: Cadeira de Júlia

Após o levantamento das necessidades passadas pelo fisioterapeuta, foi realizada pesquisa de produtos similares de apoio de cabeça, apoio de braços, apoio de pés e assento. Foram estabelecidos os requisitos de projeto e deu se inicio a geração de alternativas e desenvolvimento em um processo iterativo: solução - confecção e teste. A figura 3 mostra a alternativa escolhida e o desenvolvimento do encosto de

cabeça e apoio do tronco, as etapas dos testes 1, 2, e 3 onde foram desenvolvidos apenas os perfis laterais do apoio de tronco. A imagem 1 mostra a modelagem 2D no *software Rhinoceros*; a 2 a programação CNC no *software VCarve*; e a 3 os três perfis depois de cortados na Fresadora CNC em MDF 6 mm.

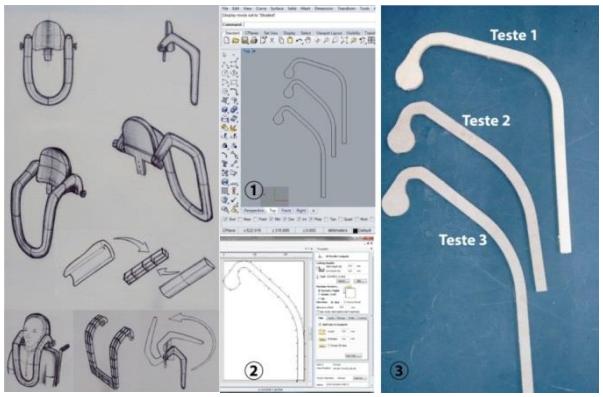


Figura 3: Sketch do encosto, modelagem dos perfis e modelos

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

Para começar a modelagem 3D e a construção de modelos para testes, as medidas antropométricas eram as que foram passadas pelo fisioterapeuta da FCEE foram testadas em uma voluntaria, pois era preciso testar, e no caso de algum erro a correção se tornava mais fácil por ser uma pessoa que estava próxima e sem incomodar a paciente. A voluntária tem altura de 1,53 e 50kg de peso o que a colocava num perfil similar a Júlia. Com segmentos de 5% de percentil.

Para que o desenvolvimento da estrutura fosse tecnicamente factível e economicamente viável, elaborou-se a modelagem 3D, empilhamento e encaixes de peças de MDF de 15mm de espessura, formando o processo apresentado nas figuras 4 e 5.

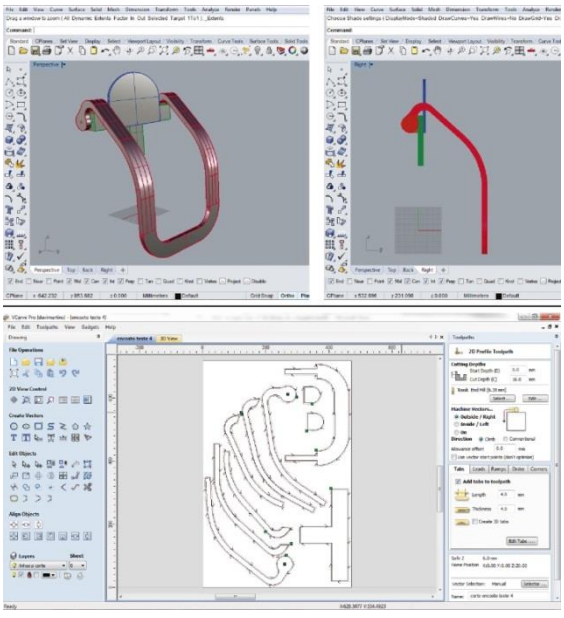


Figura 4: Modelagem 3D e 2D, programação CNC



Figura 5: Usinagem CNC e montagem

Foram feitos testes e 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 a usuária tenha sustentação do pescoço também.



Figura 6: Processo iterativo da fase de materialização para adaptação de cadeira de rodas de pacientes com PA

O MDF de 15mm de espessura foi usado apenas nos testes por ser um material de baixo custo, 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.

Na fase de projeto conceitual e detalhado o processo foi mais iterativo com retornos contínuos devido a necessidade de ajuste entre as ideias e a materialização (abstrato e concreto) no desenvolvimento para construção dos apoios de braço e do apoio de pés seguiram o mesmo processo: *sketch*, Modelagem 3D e 2D, programação CNC, corte, montagem, teste, alterações (modelagem, programação CNC, corte, montagem) e montagem final. O esquema do processo iterativo na fase de materialização é mostrado na figura 6.

No caso do assento e encosto a pesquisa mostrou um processo de fabricação digitalizada para cadeiras de rodas de adequação postural, desenvolvido por Silva (2011). Esse processo de fabricação tem como inovação a usinagem direta em 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. A lista de verificação do Quadro 2 mostra as vantagens deste sistema.

Quadro 2 - Lista de verificação fabricação de assento e encosto digitalizado de Silva (2011)

Produto Assento/encosto Silva, (2011).	**Pontos positivos**	**Pontos negativos**
	Moldagem em gesso é de baixo custo.	Moldagem em gesso requer cuidado quanto à sujeira, secagem e desconforto do paciente;
	Digitalização do molde feita por scanner 3D;	Ajuste dos pontos da digitalização e adequação das dimensões com o paciente
	Processo de fabricação mais rápido e viável. Usinagem direta em PU, sem injeção em molde;	O apoio de braços, encosto da cabeça e apoio de pés, deve considerar o assento.
	Produto final: assento e encosto adaptado ao usuário específico.	

Para este processo o fisioterapeuta e assistentes do FCEE devem realizar o procedimento de moldagem em gesso, enviar para o laboratório da Fundação Certi de UFSC onde pode ser digitalizado, posteriormente pode ser realizada a correção da digitalização, programação da usinagem CNC, montagem e testes. Este procedimento não foi realizado até o momento.

Cabe salientar que as adaptações para outros pacientes com PA devem ser consideradas as seguintes características: o modelo da cadeira, as dimensões dos segmentos do paciente, tirar as medidas do individuo com PC e de sua cadeira de rodas, acompanhado sempre por um fisioterapeuta e/ou terapeuta ocupacional, que vão definir e especificar qual a posição correta para que o paciente tenha uma postura adequada e confortável.



Figura 7: Montagem e acabamentos das adaptações



Figura 8: Cadeira renderizada

As adaptações da cadeira de rodas devem priorizar o conforto e adequação postural do paciente. As informações dos fisioterapeutas é fundamental para o desenvolvimento seja rápido e adequado. As adaptações devem ser periódicas já que as crianças crescem e as posturas inadequadas

comprometem a saúde.

Uma tecnologia assistiva / social permite que o baixo custo de fabricação em um laboratório de fabricação digital seja aplicado em outros pacientes de forma rápida.

A Figura 7 mostra a montagem realizada por um dos autores do artigo no Laboratório Pronto 3D da UFSC que é um espaço FabLab com equipamentos, atores criativos e colaborativos que permitiram que o projeto e os acabamentos finais das estruturas das adaptações fossem concretizados.

A Figura 8 mostra a renderização das adaptações desenvolvidas para o modelo de cadeira de rodas postural Conforma *Tilt*, da fabricante Ortobras que é a cadeira da paciente Júlia para quem foi feito o projeto.

Para a adaptação de cadeira de rodas recomendam-se os seguintes materiais:

- 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 de baixo custo de produção, sendo também ecologicamente amigável.
- 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.

Cabe salientar que a espuma de PU e o tecido *acquablock* são aplicados pelo Serviço de Pesquisa e Produção de Equipamentos e Acessórios Adaptados do FCEE. Eles possuem material, equipamento e mão de obra necessária.

A figura 9 mostra o estofamento nas peças para verificar a espessura da espuma e poder aplicar com a paciente antes da entrega definitiva.



Figura 9: Processo de estofamento das peças

Fez-se necessário o atendimento de vários fatores para que os objetivos visados fossem alcançados:

- Compromisso com as necessidades da paciente;
- Empatia com a usuária da cadeira de rodas;
- Relevância e eficácia social do projeto;
- Atendimento a relação de custo x benéfico;
- Inovação de processo e produto;
- Organização e sistematização dos processos e conhecimentos;
- Desenvolvimento em espaço criativo (Fab lab);
- Valorização do processo iterativo;
- Diálogo constante entre fisioterapeutas e designers;
- Fomento ao design social e participativo;
- *Open source* para disseminação da solução para outros pacientes de PA;

5 CONCLUSÃO

Projetar dentro do conceito do design social, significa, vencer a contradição para conseguir equacionar o desenvolvimento visando diminuir a distância entre o socialmente adequado, o tecnicamente factível, o ambientalmente amigável e o economicamente viável. Propor soluções para a perspectiva de equidade social e bem-estar por meio da tecnologia assistiva e social exige do designer: empatia, curiosidade, solidariedade, criatividade e um trabalho cuidadoso para encontrar soluções de baixo custo e alta funcionalidade.

Com as soluções apresentadas e o processo desenvolvido, 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 viável, visto que, 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 os produtos são feitos sob medida para a usuária.

Sabe-se que em uma indústria o custo de produção seria viável apenas em uma produção em larga escala, que não é o caso deste projeto por se tratar de um produto para uma demanda específica, de pequena escala, complexo em suas especificações de projeto, simples nos matérias e processos, social e totalmente centrado no usuário.

A pesquisa sobre classificações da paralisia cerebral foi importante para entender os padrões da deficiência e perceber que era possível elaborar produtos que poderiam ser redimensionados seguindo as necessidades e dimensões antropométricas de usuários.

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 possam ter uma melhoria da qualidade de vida, com maior conforto e uma postura adequada que não prejudique a sua 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 nos curso de design sejam desenvolvidos mais projetos para pessoas com paralisia cerebral e outros tipos de restrições por meio de sistemas de baixo custo, design iterativo, participativo e com ênfase em tecnologias sociais ou intermediárias que descrevem uma tecnologia que devido a seu baixo custo, pequena escala, simplicidade, adequação a dimensão ambiental são benéficas a populações de baixa renda.

6 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] 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.

[3] CURY, Valeria Cristina Rodrigues; BRANDÃO, Marina de Brito. Reabilitação em paralisia cerebral. Rio de Janeiro: MedBook, 2011. xvi, [2] 460 p. ISBN 9788599977545.

[4] FCEE. Disponível em: <http://www.fcee.sc.gov.br/>. Acesso em: 22 jun. 2016.

[5] 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.

[6] IDEAPRACTICES. Disponível em: <http://www.ideapractices.org/>. Acesso em: 22 jun. 2016.

[7] ORTOBRAS. Disponível em: <http://www.ortobras.com.br/solucoes/cadeiras-de-rodas/linha-postural>. Acesso em: 22 jun. 2016.

[8] 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.

[9] PAZMINO, Ana Veronica. Como se cria: 40 métodos de design de produtos. Ed. Blucher. São Paulo, 2015.

[10] ROZENFELD, Henrique. *et al*. Gestão de desenvolvimento de produtos: Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

[11] 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.

[12] SDH, 2010. Disponível em: <http://www.sdh.gov.br/assuntos/pessoa-com-deficiencia> Acesso em: 22 jun. 2016.

[13] 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.

[14] SILVA, 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.

[15] 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.