

PROJETO E MANUFATURA DO SUPORTE DE CABEÇA PARA CRIANÇAS COM PARALISIA CEREBRAL E DESENVOLVIMENTO DE CONTROLE DE CADEIRA DE RODAS MOTORIZADA PARA PACIENTES COM TETRAPLEGIA

ARTHUR VIEIRA NETTO JUNIOR

Fatec Sorocaba - Depto Fabricação Mecânica; Proj. Mecânicos; Manufatura Avançada
arthur.netto01@fatec.sp.gov.br

Design and manufacture of Head Support for children with cerebral palsy and development of motorized wheelchair control for patients with tetraplegia.

Eixos Tecnológicos: *Produção Industrial, Ambiente e Saúde.*

Resumo

A proposta deste projeto é dividida em duas frentes de trabalho. A primeira corresponde ao desenvolvimento de novas tecnologias assistivas voltadas à reabilitação de crianças com múltiplas deficiências físicas, com a proposta de construção de um equipamento denominado Suporte de Cabeça. O Suporte de Cabeça é um equipamento para ser usado diariamente pelos pacientes, pois ajuda a prevenir deformidades musculoesqueléticas; facilita o ato de alimentação; melhora a interação visual com o ambiente; facilita a respiração e melhora a coordenação dos movimentos. O custo do equipamento importado está em torno de R\$ 3.000,00, o que inviabiliza a aquisição por parte das famílias desses pacientes. Um protótipo do Suporte de Cabeça foi desenvolvido para crianças de 3 a 13 anos em conjunto com o Instituto Maria Claro, que trata de crianças com paralisia cerebral, indicado para o uso de vários pacientes em casa e na instituição. Avaliando o custo de um Suporte importado em R\$ 3.000,00 e o custo do Suporte de Cabeça desenvolvido em R\$ 76,00 se obtém uma economia de R\$ 2.924,00 por paciente. Multiplicado por quinze pacientes, a redução de custo para os Institutos foi de R\$ 43.860,00 ao longo do período de um ano e meio. A segunda frente de trabalho se refere projeto e desenvolvimento de controle de cadeira de rodas motorizada para pacientes com tetraplegia. Nesse projeto o usuário controla a movimentação da cadeira apenas usando os movimentos da cabeça. Um voluntário testou a cadeira em variados terrenos e ambientes, adaptando-se muito bem a mesma validando a funcionalidade do equipamento e dos mecanismos de acionamento. Vale ressaltar que atualmente o sistema de controle da cadeira com sensor inercial apresentado funcionando neste projeto é único no Brasil, não tendo também similar importado.

Palavras-chave: *Tecnologias assistivas, Reabilitação, Mecatrônica, Pessoas com deficiência, Políticas públicas.*

Abstract

The proposal for this project is divided into two works. The first corresponds to the development of new assistive technologies aimed at the rehabilitation of children with multiple physical disabilities, with the proposal to build equipment called Head Support. The Head Support is equipment to be used daily by patients, as it helps prevent musculoskeletal deformities; facilitates the act of eating; improves visual interaction with the environment; facilitates breathing and improves coordination of movements. The cost of imported equipment is around R\$ 3,000.00, which makes it unfeasible for the families of these patients to purchase it. A prototype of the Head Support was developed for children aged 3 to 13 years old in conjunction with the Maria Claro Institute, which treats children with cerebral palsy, suitable for use by various patients at home and in the institution. Evaluating the cost of an imported Support at R\$ 3,000.00 and the cost of the developed Head Support at R\$ 76.00, a saving of R\$ 2,924.00 per patient is obtained. Multiplied by fifteen patients, the cost reduction for the Institutes was R\$ 43,860.00 over a period of one and a half years. The second work refers to the design and development of motorized wheelchair control for patients with quadriplegia. In this project, the user controls the movement of the chair just using head movements. A volunteer tested the chair in different terrains and environments, adapting very well to it, validating the functionality of the equipment and drive mechanisms. It is worth mentioning that currently the chair control system with inertial sensor presented in operation in this project is unique in Brazil, with no similar being imported.

Key-words: Assistive Technologies, Rehabilitation, Mechatronic, Disabled people, Public policy.

1. Introdução

A proposta deste projeto é dividida em duas frentes de trabalho. A primeira corresponde ao desenvolvimento de novas tecnologias assistivas voltadas à reabilitação de crianças com múltiplas deficiências físicas, com a proposta de construção de um equipamento nacional denominado Suporte de Cabeça. Este sistema tem por objetivo sustentar o peso da cabeça da criança, mantendo-a, dentro do possível, na posição vertical, visando melhorar a coordenação motora e os movimentos articulares do pescoço.

A partir do ajuste do suporte na criança, com a manutenção de postura adequada, e com a liberdade de realização dos movimentos de flexão, extensão, flexo-extensão laterais e rotacionais, se espera um aumento na força muscular, com consequente melhora na sustentação da cabeça, facilitando as atividades da vida diária [1].

Devido ao custo elevado para os padrões nacionais do equipamento importado, que hoje tem um custo médio unitário em torno de R\$ 3 mil a R\$ 4 mil no Brasil, torna-se inviável a aquisição deste produto pelas famílias [2]. Não há um produto similar nacional, e consequentemente, os pacientes não obtêm melhora clínica expressiva ao longo dos anos, em comparação aos pacientes que utilizam o equipamento importado.

Para tanto, foi renovado o acordo de cooperação técnico-educacional entre o CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA/ FATEC_SOROCABA e o INSTITUTO MARIA CLARO, na data de 29/05/2024, válido pelo prazo de um ano.

Atualmente, sob a designação de Instituto Maria Claro (IMC), e na condição de associação civil de direito privado e caráter filantrópico, sem fins lucrativos a instituição aloca 71 funcionários e conta com a colaboração de 39 voluntários para atender gratuitamente, 172 crianças das cidades de Sorocaba, Votorantim e Araçoiaba da Serra, portadoras de múltiplas deficiências e oriundas, em sua maioria, de famílias em situação de vulnerabilidade social.

O Suporte de Cabeça desenvolvido e fabricado pode ser visto na fig. 1 em comparação com o mesmo equipamento importado [3].

Fig. 1 – Esquerda: Vista do equipamento importado em um paciente para suportar a cabeça, adaptado a uma cadeira de rodas. Direita: O Suporte de Cabeça nacional desenvolvido sendo usado por paciente em sessão de fonoaudiologia.



Fonte: (Fisyomega, 2024)



Fonte: O próprio autor

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

A segunda frente de trabalho se refere projeto e desenvolvimento de controle de cadeira de rodas motorizada para pacientes com tetraplegia. O projeto do controle de cadeira de rodas motorizada para pacientes com tetraplegia, que utiliza sensores inerciais (giroscópio/acelerômetros), os quais são colocados em um boné que é colocado na cabeça do paciente tem sua característica inovadora devido ao fato de ser uma opção única no mercado comercial de cadeira de rodas motorizada nacional.

Para efetivar esse projeto foi firmado um acordo de cooperação técnico-educacional visando a cooperação técnica foi firmado em 29/11/2024, entre o CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA/ FATEC_SOROCABA e o INSTITUTO INTEGRAR, para o desenvolvimento de Tecnologia Assistiva, voltada a crianças, jovens e adultos com múltiplas deficiências, prevalecendo a disfunção neuromotora, sendo válido por um ano.

Atualmente, a INTEGRAR atende mais de 240 crianças, jovens e adultos com diagnóstico de Múltiplas Deficiências com prevalência da Paralisia Cerebral, que encontram na Instituição uma oportunidade de Habilitação, Reabilitação, Educação e Socialização, gerando assim uma melhor qualidade de vida. A fig. 2 ilustra os componentes principais do controle de cadeira para tetraplégicos.

Fig. 2 – Componentes principais do sistema de controle e acionamento da cadeira para tetraplegia.



Fonte: O próprio autor

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais

Para o projeto do Suporte de Cabeça foram usados os seguintes materiais: cinta de polipropileno preto, 15 mm (largura) x 3 mm; laminado de PVC flexível cristal de 3 mm

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

espessura; fita adesiva de neoprene com espessuras de 3 e 2mm; couro sintético; tubos de aço e alumínio com diâmetros de 22 mm; 19 mm; 15 mm e 10mm.

Para o projeto da Cadeira motorizada foram usados os seguintes materiais e equipamentos eletrônicos: cadeira motorizada da marca Freedom, modelo Compact 13, um sensor inercial MPU6050, dois motores corrente contínua de 24 V 250 W cada, duas baterias de 12 V tipo VRLA com 28 Ah, uma placa Arduino Uno R3, dois *drivers* BTS 7960 (ponte H),

2.2. Metodologia

A metodologia aplicada neste trabalho está relatada nos itens apresentados a seguir.

a) Pesquisa bibliográfica nos seguintes temas:

- Tecnologias Assistivas Inovadoras.
- Equipamentos de reabilitação para pacientes com lesões neuromotoras.
- Sistemas de controle e dirigibilidade de cadeira de rodas motorizada voltada a pacientes com tetraplegia.

b) Estabelecimento da base do projeto conceitual para o sistema de controle de cadeira motorizada e aperfeiçoar o Suporte de Cabeça já fabricado.

Baseados na pesquisa bibliográfica foram estabelecidos as bases dos projetos conceituais.

Os projetos conceituais dos dois equipamentos citados contem a especificação de tipo de movimentos a serem executados bem como extensão dos mesmos, características ergonômicas dos usuários, tipo de acionamento eletromecânico entre outros.

c) Fabricação do novo modelo do Suporte de Cabeça; construção do sistema de controle de cadeira e instalação do mesmo em uma cadeira motorizada.

Nesta fase foi construído o modelo aperfeiçoado do Suporte de Cabeça e modelado/desenhado o equipamento destinado a dirigibilidade da cadeira motorizada.

d) Teste dos equipamentos produzidos.

e) Análise dos resultados dos testes para identificar possíveis deficiências no projeto do Suporte de Cabeça e do sistema de dirigibilidade que devem ser sanadas.

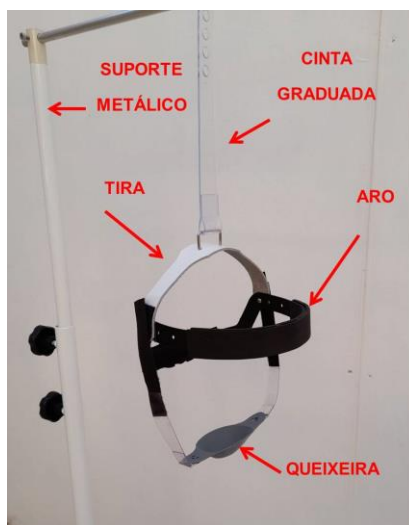
3. Resultados e Discussão

Este projeto apresenta duas frentes de pesquisa diferentes que são o Programa de Inovação em Tecnologias Assistivas com o Suporte de Cabeça para paralisia cerebral e o controle de cadeira motorizada para tetraplégicos, portanto os mesmos serão apresentados em dois itens separadamente para facilitar a compreensão dos temas abordados.

3.1. Projeto e desenvolvimento do Suporte de Cabeça para pacientes com lesões neuromotoras.

Após extenso contato com os fisioterapeutas, fonoaudiólogos, médico pediatra e terapeutas ocupacionais do Instituto Maria Claro (IMC) foi definido um novo modelo melhorado, para ser construído que é apresentado em detalhes na fig. 3. O suporte de cabeça tem seis componentes básicos que são: aro, tira, queixeira, cinta graduada e suporte metálico.

Fig. 3 – Esquerda: Vista geral do Suporte de Cabeça desenvolvido mostrando seus componentes. Direita: Paciente usando o Suporte em sessão de fisioterapia.



Fonte: O próprio autor

Foram definidos três tamanhos do modelo básico com as seguintes nomenclaturas:

Modelo 0 – Para perímetro cefálico maior que 48,5 cm.

Modelo 1 – Para perímetro cefálico maior que 42,0 cm e menor que 48,5 cm.

Modelo 2 – Para perímetro cefálico menor que 42,0 cm.

Esses três modelos atendem a faixa de crianças que apresentam lesões neuromotoras de 2 anos até a adolescentes de 14 anos, faixa escolhida como público alvo desse projeto. Foram fabricados vinte Suportes de Cabeça para cadeira de rodas dos três tamanhos desenvolvidos (modelos tamanho 2, 1 e 0), e cinco pedestais de base metálica para uso na Instituição, para usar nas atividades de alimentação, sessões de fonoaudiologia e fisioterapia.

O custo de fabricação (materiais e mão de obra) de um Suporte de Cabeça, já com adaptação para cadeira de rodas fica em torno de R\$ 76,00.

Vale lembrar que o equipamento importado, tem hoje um custo médio unitário em torno de R\$ 3 mil a R\$ 4 mil no Brasil, o que inviabiliza a sua aquisição por parte dos pais dos pacientes e instituições filantrópicas que atuam no setor de reabilitação física para pacientes com lesões neuromotoras.

No Instituto Maria Claro e no Integrar um total de 15 pacientes usaram por um ano e meio o Suporte de cabeça desenvolvido. Tomando o custo de um Suporte importado em R\$ 3.000 e o custo de um Suporte Nacional em R\$ 76,00 se obtém uma economia de R\$ 2924,00 por paciente. Multiplicado por quinze pacientes, a redução de custo para os Institutos foi de R\$ 43.860,00 ao longo do período.

3.2. Projeto e desenvolvimento de controle de cadeira de rodas motorizada para pacientes com tetraplegia.

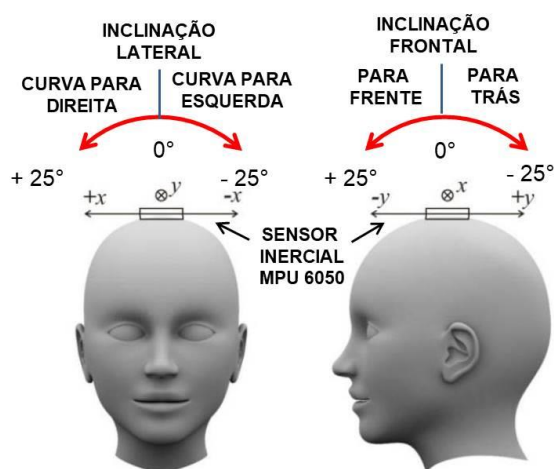
A segunda frente de trabalho se refere ao projeto de desenvolvimento de controle de cadeira de rodas motorizada para pacientes com tetraplegia. No Brasil a incidência de trauma raquimedular é de 40 casos novos/ano/milhão de habitantes, ou seja, cerca de 6 a 8 mil casos novos por ano, sendo que destes 80% das vítimas são homens e 60% se encontram entre os 10 e 30 anos de idade [4]. Para isso foi adaptado em uma cadeira motorizada da marca Freedom,

Anais da VIII Mostra de Docentes em RJ

modelo Compact 13, um controle eletrônico que permite a sua dirigibilidade por parte do usuário usando os movimentos da cabeça [5]. Para o usuário controlar a direção e velocidade da cadeira é utilizado um sensor inercial MPU6050 que fica fixado no boné que é colocado na cabeça do usuário [6].

Por exemplo, quando se deseja movimentar a cadeira para frente o usuário abaixa a cabeça para frente, no eixo x. O sistema de controle percebe a inclinação frontal e aciona os motores para a frente. Quanto maior a inclinação frontal da cabeça maior a velocidade que o sistema imprime na cadeira, como apresentado na fig. 4.

Fig. 4 – Esquerda: Comandos principais com a cabeça que fazem com que a cadeira vá para frente ou para trás e realiza curvas a direita e a esquerda. Direita: Voluntário em treinamento com a cadeira realizando percurso.



Fonte: (Adaptado de Pinto, 2016)



Fonte: O próprio autor

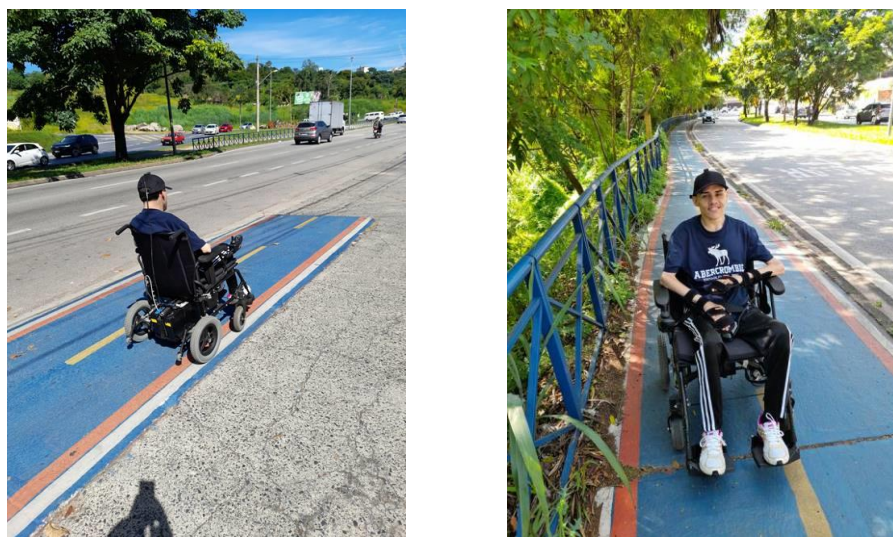
Quando se quer efetuar curva a direita então o usuário inclina a cabeça lateralmente para a direita (no eixo y), conforme visto na fig. 4. Se a curva é para esquerda então a inclinação lateral da cabeça se faz para a esquerda.

Se a curva deve ser mais fechada (raio menor) então a inclinação lateral deve ser maior, sinalizando ao sistema que a curva deve ser mais acentuada [7]. A partir de agosto de 2024 a cadeira estava pronta para ser testada. Um voluntário de nome V.R. de idade 28 anos, que é tetraplégico por acidente de moto há dez anos, e faz fisioterapia no Instituto Integrar conheceu o projeto e se dispôs a testar a cadeira quanto aos quesitos de dirigibilidade, conforto do usuário, capacidade de manobra em lugares pequenos entre outros, mostrado na fig. 4.

O voluntário se adaptou rapidamente as dificuldades encontradas pelos cadeirantes em vias públicas e conseguiu se locomover sozinho para vários lugares nas cercanias do Instituto Integrar em Sorocaba, tais como loja de conveniência, posto de gasolina, comércio de madeiras entre outros.

Em resumo, desde outubro de 2024 o voluntário utiliza toda a semana a cadeira motorizada para tetraplégicos no Instituto Integrar e adjacências, para sua locomoção, estando muito bem adaptado, com total controle quanto a dirigibilidade da referida cadeira, como pode ser visto na fig. 5.

Fig. 5 - Voluntário usando a cadeira com sensor inercial em via pública na cidade de Sorocaba.



Fonte: O próprio autor

4. Considerações finais

No projeto do Suporte de Cabeça para pacientes com lesões neuromotoras, um dos objetivos era o de criar um protótipo ergonômico, eficiente e de custo baixo para atender a demanda desse equipamento por pacientes e instituições que não podem comprar o mesmo, devido ao alto custo do produto que é importado, sem similar nacional.

Esse objetivo foi atendido sendo o custo estimado de um Suporte de Cabeça produzido aqui estar em torno de R\$ 76,00 enquanto o similar importado tem custo na faixa de R\$ 3.000,00. Outro avanço importante foi o fato de o Suporte de Cabeça desenvolvido em parceria com a equipe multiprofissional do Instituto Maria Claro e Integrar estar sendo usado na prática pelos pacientes, apresentando bons resultados em uma análise preliminar. O Suporte de Cabeça foi usado por quinze pacientes, sendo que a redução de custo para os Institutos foi de R\$ 43.860,00 ao longo do período de um ano e meio.

Em relação ao projeto controle inercial de cadeira motorizada para pacientes com tetraplegia se pode afirmar que foram atingidos os objetivos iniciais que era desenvolver um equipamento eficiente, que permitisse a um tetraplégico se locomover com segurança em vários ambientes e enfrentar várias situações diárias tais como: efetuar curvas inclinadas, aclone, declive, subir em calçada etc.

O voluntário que auxiliou o desenvolvimento deste projeto testou a cadeira em variados terrenos e ambientes, adaptando-se muito bem a mesma validando a funcionalidade do equipamento e dos mecanismos de acionamento. Vale ressaltar que atualmente o sistema de controle da cadeira com sensor inercial apresentado funcionando neste projeto é único no Brasil, não tendo também similar importado.

Agradecimentos

Ao Centro Paula Souza e a direção da Fatec Sorocaba que proporcionou o acordo de cooperação técnica educacional CEETEPS-PRC-2022/38716, entre CPS e Instituto Maria Claro (IMC), bem como o acordo com o Instituto Integrar, que está cadastrado como SEI 136.00137522/2024-24, e o apoio para execução dos mesmos.

A direção e aos fisioterapeutas, fonoaudiólogos, médicos, terapeutas ocupacionais e demais colaboradores do Instituto Maria Claro e do Instituto Integrar de Sorocaba, SP pela ajuda incansável e apoio técnico irrestrito para o desenvolvimento e aprimoramento do Projeto de Tecnologias Assistivas Inovadoras com o Suporte de Cabeça para crianças com paralisia cerebral.

Observação: Todas as imagens que aparecem neste documento estão de acordo com a Lei Geral de Proteção de Dados Brasileira (LGPD), tendo os termos de consentimento sido devidamente autenticados

Referências

[1] KERST, B. et al.; Effects of a Head Support on Children with Hypotonia in the Cervical Spine. **Proceedings of the 2020 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC)**, 2020.

[2] GARCIA, J. C. D.; **Pesquisa nacional de inovação em tecnologia assistiva III (PNITA III): principais resultados, análise e recomendações para as políticas públicas**. São Paulo: ITS BRASIL, 88p. ; 2017. ISBN 978-85-64537-29-3

[3] FISYOMEGA. **Headpod**. Disponível em: <https://fizyomega.com/headpod-2/>. Acesso em: 15 de outubro 2024.

[4] MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil) Secretaria de Atenção à Saúde; **Diretrizes de Atenção à Pessoa com Lesão Medular**. Brasília, Ministério da Saúde, 2015. ISBN 978-85-334-2025-0

[5] FREEDOM, **Cadeira de Rodas Motorizada Catálogo**, disponível em: <https://www.freedom.ind.br/produto/categoria/saude/cadeiras-de-rodas-motorizadas/> Acesso em 15/09/2024.

[6] TONIN, L. et al.; **Learning to control a BMI-driven wheelchair for people with severe tetraplegia**. iScience 25, December 2022
Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S258900422201690X>; Acesso em 20/11/2024.

[7] PINTO, F. F.; **Interfaces de controle de cadeira de rodas motorizadas para pessoas com tetraplegia**. TCC, Engenharia de Controle e Automação, Universidade de Brasília, 64pp; 2016.