

PESQUISA TECNOLÓGICA EM TECNOLOGIAS ASSISTIVAS E MEDICINA DE REABILITAÇÃO PARA PACIENTES COM LESÕES NEUROMOTORAS

VIEIRA, A.N.J.

*Faculdade de Tecnologia de Sorocaba – Depto Fabricação Mecânica; Proj. Mecânicos; Manufatura Avançada.
arthur.netto01@fatec.sp.gov.br*

Technological Research in Assistive Technologies and Rehabilitation Medicine for Patients with Neuromotor Injuries.

Eixos Tecnológicos: Ambiente e Saúde; Produção Industrial.

Resumo

Este projeto apresenta duas frentes de pesquisa diferentes que são o Suporte de Cabeça para paralisia cerebral e a máquina de reabilitação para pacientes acometidos de Acidente Vascular Cerebral (AVC). 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\$ 3500,00, o que inviabiliza a aquisição por parte das famílias desses pacientes. Um protótipo básico 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. Relatos preliminares de pais, fisioterapeutas, médicos e fonoaudiólogos indicam que o mesmo facilita em muito as atividades diárias dos pacientes. O custo desse Suporte de Cabeça desenvolvido está em torno de R\$ 80,00. A segunda frente de pesquisa se refere ao projeto de uma máquina robotizada para reabilitação de pacientes acometidos por AVC. Um protótipo do mecanismo dessa máquina foi construído. O sistema de acionamento dos motores foi testado apresentando bom desempenho e ótima resposta dinâmica, correspondendo aos comandos do joystick tanto no quesito velocidade como aceleração. Espera-se que os resultados desta pesquisa possam propiciar a transferência dessas tecnologias adquiridas para outras Instituições de Saúde Estaduais, que podem usar essa base de conhecimento já testada para aplicar na rede estadual de modo mais abrangente para a sociedade.

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

Abstract

This project presents two different research fronts, which are the Head Support for cerebral palsy and the rehabilitation machine for patients suffering from Cerebral Vascular Accident (CVA). 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 to prevent musculoskeletal deformities; facilitates the act of feeding; improves visual interaction with the environment; facilitates breathing and improves coordination of movements. The cost of imported equipment is around R\$ 3500.00, which makes it unfeasible for the families of these patients to purchase it. A basic prototype of the Head Support was developed for children aged 3 to 13 years in conjunction with the Maria Claro Institute, which treats children with cerebral palsy, a prototype being used by several patients at home and at the institution. Preliminary reports from parents, physiotherapists, physicians and speech therapists indicate that it greatly facilitates patients' daily activities. The cost of this Head Support developed is around R\$ 80.00. The second research front refers to the design of a robotic machine for the rehabilitation of patients affected by stroke. A prototype of the mechanism of this machine was built. The engine drive system was tested showing good performance and great dynamic response, corresponding to the joystick commands in terms of both speed and acceleration. It is hoped that the results of this research can facilitate the transfer of these acquired technologies to other State Health Institutions, which can use this already tested knowledge base to apply it in the state network in a more comprehensive way for society.

Keywords: *Assistive Technologies, Robotic rehabilitation, Mechatronics, 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 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].

Para tanto, foi firmado um acordo de cooperação técnico-educacional entre o CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA/ FATEC_SOROCABA e o INSTITUTO MARIA CLARO, na data de 29/05/2023, 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.

Além do atendimento terapêutico, que visa a habilitação e a reabilitação física das crianças, o Instituto presta acompanhamento pedagógico e psicológico a elas, bem como assistência social às suas famílias.

A segunda frente de trabalho se refere ao projeto de uma máquina robotizada para reabilitação de pacientes acometidos por AVC (Acidente Vascular Cerebral). No Brasil estima-se que cerca de 166.000 pessoas por ano desenvolvem AVC e sobrevivem [2]. Dessas, mais de 40% permanecem com limitações funcionais com perda parcial ou total da função motora [3].

A reabilitação desses pacientes é feita com fisioterapia apropriada e exige muito tempo e exercícios físicos repetitivos. A proposta de uma máquina robotizada poderá auxiliar tanto os fisioterapeutas como os pacientes na reabilitação, diminuindo ao tempo de recuperação e permitindo que vários pacientes em várias máquinas sejam monitorados por um único fisioterapeuta, ampliando a capacidade de atendimento das clínicas e centros de reabilitação.

2. Materiais e métodos

2.1. Materiais

Para o projeto do Suporte de Cabeça foram usados os seguintes materiais: cinta de polipropileno preto, 15mm (largura)x3mm; laminado de PVC flexível cristal de 3 mm 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 Máquina de reabilitação para AVC foram usados os seguintes materiais: 4 eixos cilíndricos 12mm x 500mm H7 Temperado; 4 pillow block SCS12UU com rolamento

Anais da VII Mostra de Docentes em RJJI

linear; 4 suportes para eixo linear Sk12 em alumínio; 2 fusos TR8 500mm com porca; suporte para castanha Tr8; 4 mancais Modelo KP08 com rolamento radial furo 8mm.

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; modelo conceitual e construtivo de robôs voltados para medicina de reabilitação de membro superior.

b) Estabelecimento das bases do projeto conceitual para o Suporte de Cabeça e para o equipamento robotizado para reabilitação de pacientes com AVC.

c) Construção dos protótipos do Suporte de Cabeça bem como modelagem no CAD (Solidworks) do equipamento para AVC.

d) Teste dos protótipos e do equipamento robotizados e análise dos resultados dos testes.

3. Resultados e Discussão

Este projeto apresenta duas frentes de pesquisa diferentes que são o Suporte de Cabeça para paralisia cerebral e a máquina de reabilitação para AVC, portanto os mesmos serão apresentados em dois itens separadamente para facilitar a compreensão dos temas abordados.

3.1. Suporte de Cabeça para Paralisia Cerebral.

Nesta abordagem o projeto em questão propõe o desenvolvimento de um equipamento para ser utilizado na reabilitação de crianças com paralisia cerebral, o Suporte de Cabeça como mostrado na Fig.1, apresentando o equipamento importado e o desenvolvido no Instituto Maria Claro [4].

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 (2023).



Fonte: O próprio autor.

Anais da VII Mostra de Docentes em RJJI

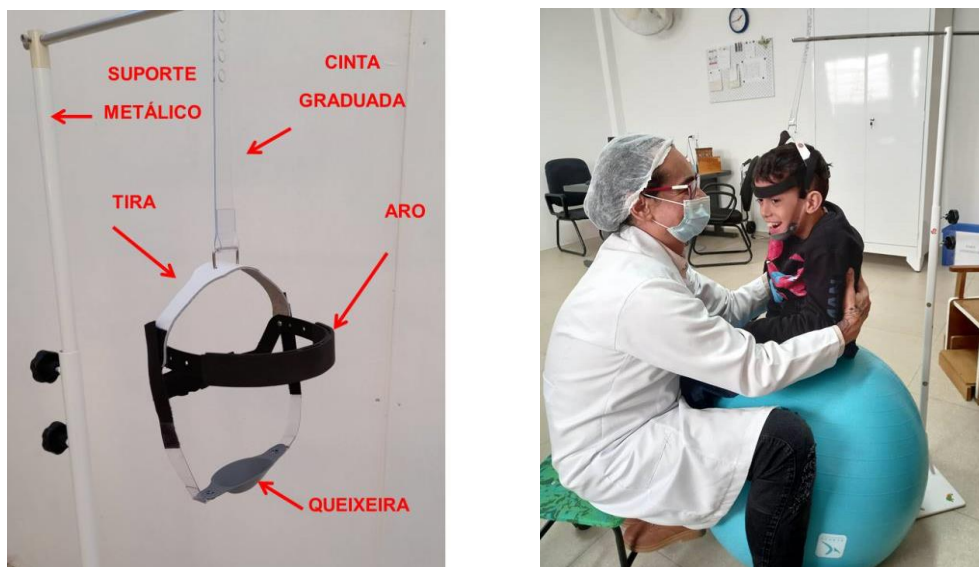
O Suporte de Cabeça é um equipamento para ser usado diariamente pelos pacientes, pois auxilia na manutenção da posição cervical vertical fisiológica; ajuda a prevenir deformidades musculoesqueléticas [5]. Também facilita o ato de alimentação; auxilia o terapeuta nas práticas diárias melhorando ergonomia e evitando lesões; melhora interação visual com o ambiente; facilita a respiração e reduz a distonia e a hiperextensão, amenizando os esforços para manter a posição vertical da cabeça, melhorando coordenação e movimentos [8].

Devido ao custo elevado para os padrões nacionais do equipamento, 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 [6]. Não há um produto similar nacional, e conseqüentemente, os pacientes não obtêm melhora clínica expressiva ao longo dos anos, em comparação aos pacientes que utilizam o equipamento.

O desenvolvimento de um Suporte de Cabeça voltado para esse segmento de crianças com paralisia cerebral, com menor custo final, e com tecnologia nacional, facilitaria o acesso ao equipamento pelas famílias.

Após extenso contato com os fisioterapeutas, fonoaudiólogos, médico pediatra e terapeutas ocupacionais do Instituto Maria Claro (IMC) foi definido um modelo básico para ser construído que é apresentado em detalhes na Fig. 2.

Fig. 2 – Esquerda: Vista geral do Suporte de Cabeça desenvolvido mostrando seus componentes. Direita: Paciente usando o Suporte em sessão de fisioterapia.



Fonte: O próprio autor.

Os tamanhos dos aros foram definidos a partir das medidas dos crânios (maior e menor) das crianças que foram selecionadas para o uso, calculando a média da circunferência.

O maior crânio tinha perímetro cefálico de 48,5 cm, sendo o diâmetro biauricular 23 cm; o menor crânio tinha perímetro cefálico de 42 cm e o biauricular 15 cm.

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.

Anais da VII Mostra de Docentes em RJJI

Durante o curso deste projeto foi desenvolvido também um sistema de amortecimento contínuo, com dois graus de liberdade, para o Suporte de Cabeça que permite seu uso em pacientes que tem uma frequência elevada de tónus extensor e maior predisposição à hiperextensão do pescoço ou tronco.

Esse sistema mecânico de amortecimento contínuo ligado ao suporte de cabeça permite que o paciente que tem movimentos de cabeça involuntários possa usar o equipamento, mantendo uma força média vertical na cinta graduada, suavizando essa movimentação descoordenada, mantendo a cabeça na vertical, sem causar lesão. A Fig. 3 apresenta como é a postura normal dos pacientes com o uso e sem o uso do Suporte de Cabeça, bem como mostra o mecanismo do sistema de amortecimento contínuo instalado em uma cadeira de rodas.

Fig. 3 – Esquerda: Paciente usando o Suporte de Cabeça em sessão de fonoaudiologia. Centro: Paciente sem o uso do Suporte de Cabeça. Direita: A seta vermelha localiza o sistema de amortecimento contínuo desenvolvido e instalado em uma cadeira de rodas.



Fonte: O próprio autor.

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\$ 80,00. Se for adicionado o sistema de amortecimento contínuo então o custo fica em torno de R\$ 130,00. Esses valores tendem a cair bastante se for fabricado um lote maior, por exemplo, com 100 unidades.

Vários pacientes já usam o Suporte de Cabeça em sessões terapêuticas no Instituto Maria Claro bem como os pais também utilizam na residência para tarefas de alimentação, lazer e fisioterapia domiciliar. Os relatos iniciais dos pais, dos fisioterapeutas, dos fonoaudiólogos e terapeutas ocupacionais que usam o equipamento indicam que o mesmo facilita em muito as atividades diárias como o ato de alimentação; auxilia o terapeuta nas práticas diárias melhorando ergonomia e evitando lesões; melhora interação visual com o ambiente; facilita a respiração e reduz a distonia e a hiperextensão.

3.2. Máquina de reabilitação para membro superior para pacientes de AVC - Resultados parciais.

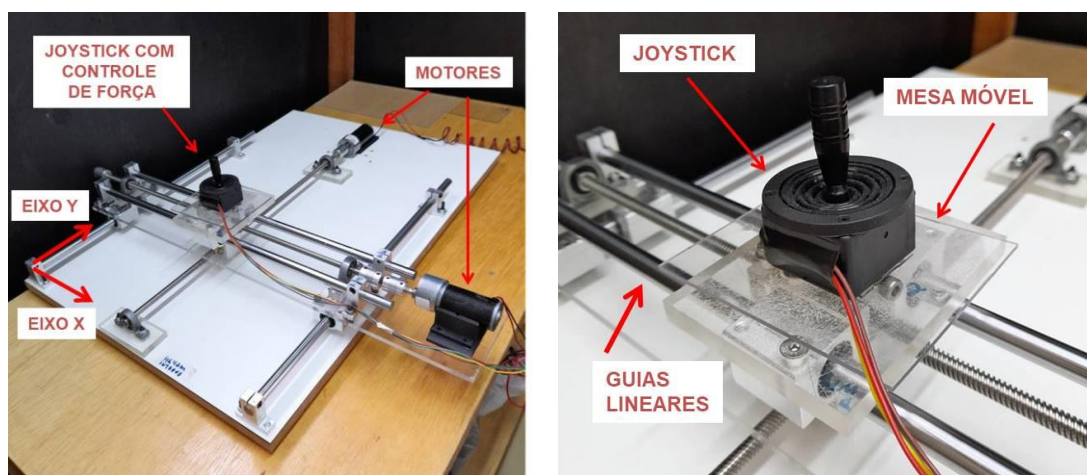
O projeto conceitual da máquina para reabilitação de membro superior foi definido escolhendo-se o modelo do robô cartesiano, com três eixos ortogonais (x;y;z), visto que o

Anais da VII Mostra de Docentes em RJJ

mesmo pode ser construído com quatro guias lineares (para movimentação dos eixos x e y) e dois fusos trapezoidais ligados a motores (para acionamento e posicionamento).

As guias lineares, os fusos e motores de corrente contínua com redutor são itens com custo relativamente baixo e permitem a montagem do mecanismo básico de acionamento da máquina de reabilitação com relativa facilidade. Na Fig. 4 pode ser visto o mecanismo básico da máquina que está sendo construída, bem como o detalhe do joystick com controle de força.

Fig. 4 – Esquerda: Apresenta os eixos (x;y); os motores ligados aos fusos de acionamento e o joystick com controle de força. Direita: Detalhamento do joystick fixado na mesa móvel.



Fonte: O próprio autor.

O funcionamento da máquina apresentada é semelhante ao do robô de reabilitação de membro superior *InMotion*, mostrado na Fig. 5. O paciente segura o joystick e empurra o mesmo na direção indicada pelo jogo na tela de computador, de modo que faça o movimento com seu braço para completar o percurso indicado na tela [7]. Esses movimentos variados são programados para reabilitar o paciente que sofreu lesões neuromotoras, de uma maneira desafiadora e divertida, como se fosse um videogame.

Fig. 5 - Robô *InMotion* de reabilitação, fabricado pela empresa Bionic.



Fonte: Bionic (2023).

Anais da VII Mostra de Docentes em RJI

Se o paciente não tem força suficiente para deslocar o *joystick* o robô complementa a força auxiliando na tarefa, permitindo assim a reabilitação gradativa conforme ocorre a recuperação da seqüela neuromotora.

O sistema de acionamento dos motores foi testado apresentando bom desempenho e ótima resposta dinâmica, correspondendo aos comandos do *joystick* tanto no quesito velocidade como aceleração da mesa móvel.

A próxima fase de desenvolvimento (mês de setembro e outubro) é a calibração da força exercida pelo usuário no *joystick* e a resposta equivalente do mecanismo deslocando a mesa móvel com acelerações e velocidades variadas. Estão previstos para os meses de novembro e dezembro os testes finais de desempenho e confiabilidade do mecanismo e correção de falhas de projeto.

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\$ 80,00 enquanto o similar importado tem custo na faixa de R\$ 3500,00. Outro avanço importante foi o fato de o Suporte de Cabeça desenvolvido em parceria com a equipe multiprofissional do Instituto Maria Claro estar sendo usado na prática pelos pacientes apresentando bons resultados em uma análise preliminar. A criação de três tamanhos diferentes de Suporte permitiu atender desde crianças de idade de três anos até 13 anos de idade. Outro advento relevante desse projeto foi a criação do sistema de amortecimento contínuo no Suporte de Cabeça. Esse sistema permite que pacientes que tem uma frequência elevada de tônus extensor e maior predisposição à hiperextensão do pescoço ou tronco possam usar o equipamento sem problemas, enquanto que no equipamento importado não é permitido a esses pacientes o uso normal sob pena de seqüelas físicas.

Em relação ao projeto da máquina de reabilitação para membro superior pode-se dizer que a escolha do modelo do robô cartesiano, que permite movimentos em três eixos (x; y;z) foi adequada, pois permite que o mesmo seja construído com guias lineares, fusos trapezoidais entre outras peças mecânicas que são de custo relativamente baixo, concorrendo para que o custo final desse equipamento seja acessível a todas as instituições de saúde que tratam com esse tipo de reabilitação. A base mecânica junto com o acionamento eletrônico dessa máquina foi construída e testada de modo preliminar, demonstrando um bom desempenho mecânico ótima resposta dinâmica em relação à suavidade e precisão dos movimentos. O projeto da máquina está previsto para ser finalizado em dezembro deste ano.

O contato proporcionado por esta pesquisa com instituições de saúde sem fins lucrativos mostra claramente a necessidade de inovação em equipamentos para reabilitação, de modo que sejam projetados e produzidos no país com custos menores do que os praticados pelo mercado, atendendo as várias organizações particulares sem fins lucrativos e governamentais que atuam no suporte a reabilitação de pacientes com lesões neuromotoras e acometidos por AVC.

Desse modo os resultados desta pesquisa pode propiciar a transferência dessas tecnologias adquiridas para outras Instituições de Saúde, como Rede Lucy Montoro e AACD que podem

Anais da VII Mostra de Docentes em RJI

usar essa base de conhecimento já testada para aplicar na rede estadual de modo mais abrangente para a sociedade.

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 apoio para execução do mesmo.

A direção e aos fisioterapeutas, fonoaudiólogos, médicos, terapeutas ocupacionais e demais colaboradores do Instituto Maria Claro 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] MARGARIDO A.; GOMES, A.; ARAUJO, G.; PINHEIRO, M.; BARRETO, L.; Epidemiologia do Acidente Vascular Encefálico no Brasil; **Revista Eletrônica Acervo Científico**; ISSN 2595-7899; REAC, Vol. 39 ; 2021

[3] REDE BRASIL AVC; **AVC matou mais de 100 mil pessoas em 2021**; Disponível em: <https://www.redebrasilavc.org.br/avc-matou-mais-de-100-mil-pessoas-em-2021/> Acesso em: 14/08/2022

[4] FISYOMEGA. **Headpod**. Disponível em: <https://fizyomega.com/headpod-2/>. Acesso em: 15 de agosto 2023.

[5] KAPRA MEDICAL; **Headpod – Suporte de cabeça**; Disponível em: <https://kapra.com.br/produto/headpod> Acesso em: 15 de agosto 2023.

[6] 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

[7] BIONIC; **Inmotion Robotic Therapy**. Disponível em: <https://www.bioniklabs.com/products/overview> ; Acesso em 05/06/2023.

[8] BROWN, E. et al.; Head Control Changes After Headpod Use in Children With Poor Head Control: A Feasibility Study; **Academy of Pediatric Physical Therapy of the American Physical Therapy Association**, 2018, DOI: 10.1097/PEP.0000000000000492