

Ergonomia e Tecnologia: Projeto de Dispositivo Programável de Movimento Passivo Contínuo para membros inferiores

Daniel Quintana Sperb (ULBRA) daniel.sperb@ulbra.br
Rodrigo Arenhart (IOT) rafisioterapia@yahoo.com.br

Resumo: *Esta pesquisa apresenta o projeto de um dispositivo programável de movimento passivo contínuo para membros inferiores, este equipamento é mundialmente conhecido por meio da sigla C. P. M., que na língua inglesa significa continuous passive motion, mobilização passiva contínua.*

Os CPM permitem a mobilização dos segmentos articulares de membros superiores ou inferiores, imediatamente no pós-operatório, disponibilizando a manutenção dos tecidos da articulação.

A metodologia descrita no presente trabalho evidencia uma revisão de literatura composta por fundamentos fisioterapêuticos, projetuais, tecnológicos e ergonômicos que objetivam, além do desenvolvimento de um programa de gerenciamento de funções, a construção de um modelo funcional para validação do software. A base metodológica projetual utilizada nesta pesquisa evidencia uma adaptação de metodologias projetuais descritas por autores como BONSIEPE adaptadas a metodologias de projeto ergonômicos, tendo como base a análise da tarefa.

Palavras-chave: Ergonomia, Tecnologia, Fisioterapia.

1. Introdução

Os dispositivos de CPM permitem a mobilização dos segmentos articulares de membros superiores ou inferiores como tornozelo, joelho e quadril, imediatamente no pós-operatório, disponibilizando a manutenção dos tecidos que envolvem a articulação.

O princípio é que os ossos, a cartilagem, e os ligamentos emendam mais rapidamente se forem movidos muito delicadamente e continuamente em vez de totalmente imobilizado.

Atualmente, os C.P.M. disponíveis no mercado, além de possuírem preços elevados devido à exportação, não suprem totalmente as necessidades fisioterápicas, pois embora alguns modelos com custo mais elevado apresentem capacidade de memorização em seu leque de funções, esta não é flexível, ou seja, possuem limitações que comprometem o desempenho e a otimização do tratamento por parte dos fisioterapeutas.

Antes de abordar questões referentes ao Dispositivo de Movimento Passivo Contínuo, se faz necessário entender os motivos que justificam sua importância no mercado.

O aumento da prática esportiva também provoca um aumento considerável nas incidências de lesões. Várias são as causas, como a falta de preparação física e orientação para o esporte (COHEN, 2002).

Dentre estas lesões, muitos estudos revelam a incidência de traumas na articulação mais exposta do desportista, o joelho. Cohen e Abdalla (2003) estudaram 280 pacientes com traumas esportivos, sendo que, destes, 45% apresentavam lesão no joelho, 9,8% no tornozelo, 7% no ombro.

Em pesquisa comparando a incidência de lesões traumáticas em dez tipos de modalidades esportivas realizada por Campo e Carazzato (1992), verificou o predomínio de lesões no joelho em 7 destas 10 modalidades, sendo que no total de lesões o joelho foi à articulação mais acometida, representando 23,44% das lesões ocorridas.

As questões abordadas acima confirmam a crescente demanda por equipamentos que auxiliem na qualidade vida do ser humano. Está configurada uma situação onde existe um nicho de mercado ainda pouco explorado e com inúmeras possibilidades de pesquisa e aperfeiçoamento profissional.

Robert Salter foi o médico conhecido internacionalmente por ter descoberto que o movimento contínuo promove uma recuperação mais eficaz e eficiente de junções feridas. Segundo artigo publicado no jornal JRRD em março do ano de 2000 por Shawn W. O'Driscoll, MD, PhD e Nicholas J. Giori, MD, PhD da Clínica De Mayo, os C.P.M estão sendo usados atualmente em mais de 15.000 hospitais em torno de 50 países sendo que estima-se que, três milhões de pessoas em todo o mundo estão sendo beneficiadas com esta técnica de recuperação pois seus ferimentos estão cicatrizando mais rápido, além de estarem andando mais facilmente.

1.1 Questão da Pesquisa

Ao analisar o objeto de estudo da presente pesquisa, percebe-se a relação entre o design, a ergonomia e a fisioterapia, sendo a ergonomia o elo entre os requisitos de projeto provenientes da fisioterapia com os atributos funcionais e estéticos resultantes do design. Esta natureza interdisciplinar provoca uma discussão que, atualmente tem sido muito trabalhada por pesquisadores, sendo assim, antes de evidenciar as diversas ciências envolvidas no projeto, bem como a relação entre elas deve-se ressaltar alguns conceitos.

Segundo Piaget (1972), as relações entre as disciplinas podem se dar em três níveis: multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade.

Na multidisciplinaridade, recorremos a informações de várias matérias para estudar um determinado elemento, sem a preocupação de interligar as disciplinas entre si.

Já na interdisciplinaridade, estabelecemos uma interação entre duas ou mais disciplinas. Para Japiassu (1976), a interdisciplinaridade surge como uma necessidade imposta pelo surgimento cada vez maior de novas disciplinas. Assim, é necessário que haja pontes de ligação entre as disciplinas, já que elas se mostram muitas vezes dependentes umas das outras, tendo em alguns casos o mesmo objeto de estudo, variando somente em sua análise.

Na transdisciplinaridade, a cooperação entre as várias matérias é tanta, que se torna inviável separá-las, propiciando o surgimento de novas "macrodisciplinas".

Fazendo uma reflexão sobre novas macrodisciplinas, pode-se entender a ergonomia como um bom exemplo, uma vez que é uma ciência que serve como uma ponte entre diversas outras ciências em prol de novos conceitos. A ergonomia representa a interface entre o design e a fisioterapia.

Segundo Soares (1998), a ergonomia é uma tecnologia apoiada por dados científicos, o design de produto é um processo de criar novos e aperfeiçoados produtos para o uso de pessoas e sucesso comercial do produto.

A ergonomia tem uma base claramente fundamentada nas ciências, enquanto que o design de produto aborda um processo de criação ou melhoria de produtos adicionando a eles valores estéticos, de manufaturabilidade e de marketing.

Os fabricantes, por outro lado e na sua maioria, estão interessados principalmente no desempenho do produto no mercado em termos de quantidade dos bens vendidos e os lucros obtidos.

O sucesso da integração entre a ergonomia e o design de produto irá produzir um produto de qualidade superior em termos de estética e funcionalidade (KREIFELDT & HILL, 1976). Tanto a ergonomia, como o design estão direcionados ao mesmo objetivo: proporcionar a satisfação do usuário e a produção de produtos de sucesso.

HARRIS (1990) afirma que, considerando que o mercado mundial incorpora uma variedade de diferenças antropomórficas, comportamentais e culturais, o conhecimento ergonômico é vital para auxiliar o designer no desafio de projetar produtos para um mercado global.

Indubitavelmente, a relação entre ergonomia e design deve ser intensificada, pois apenas desta maneira, as informações provenientes de outras áreas, como por exemplo, a fisioterapia, serão informações tratadas com maior eficiência na busca de projetos de produtos que ofereçam maior qualidade ao seu usuário.

Jordan (2000), afirma que o design deve ir além da usabilidade do produto fornecendo produtos que transmitam prazer ao serem usados.

Para atender as necessidades dos usuários (fisioterapeutas), se faz necessário uma análise aprofundada de uma taxonomia que se divide em duas teorias: A teoria de fundamento, que faz referencia aos fundamentos fisioterapêuticos e ergonômicos e a teoria de foco, que diz respeito à tecnologia da informação e ao design como ferramentas de aplicação.

Após os esclarecimentos acima, pode-se concluir que, projetar um dispositivo programável de movimento passivo contínuo para membros inferiores, com base em conhecimentos fisioterapêuticos, ergonômicos, tecnológicos e projetuais, significa otimizar o processo de tratamento de lesões em membros inferiores por meio da técnica do movimento passivo contínuo, resultando em inúmeras possibilidades de gerenciamento da aplicabilidade do produto e desenvolvimento dos pacientes. A figura 1 exemplifica a interdisciplinaridade imposta pela pesquisa.

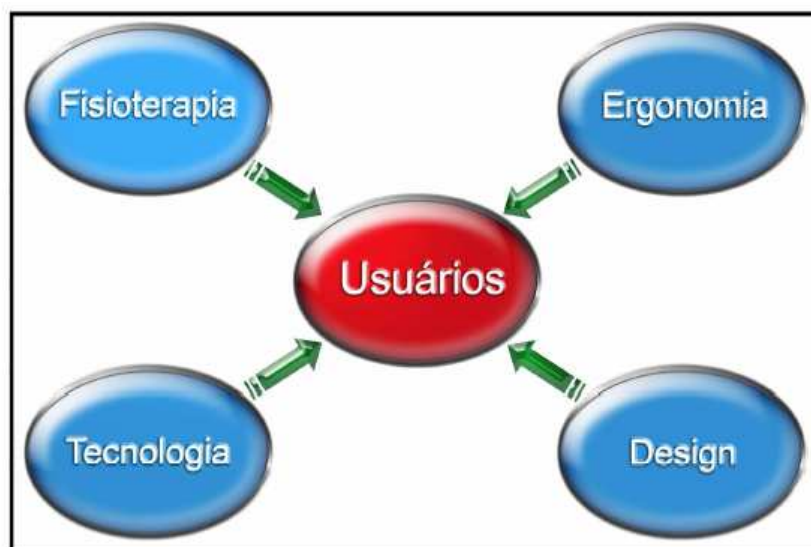


FIGURA 1 – Interdisciplinaridade da pesquisa

Fonte: Arquivo pessoal

2. Metodologia

Ordenar informações provenientes de uma área como a fisioterapia com o objetivo de transformar um procedimento manual e impreciso em um procedimento programável e preciso, condicionou a presente pesquisa a abordar fundamentos tecnológicos alicerçados em conceitos ergonômicos.

A pesquisa se valeu dos procedimentos metodológicos que objetivam maximizar a margem de sucesso do projeto por meio de novos conceitos formados a partir de seqüências de análises.

O parâmetro metodológico foi definido por meio das seguintes fases:

- Fase 1: Identificação da demanda por meio de uma equipe de fisioterapeutas especialistas em lesões no joelho que contribuíram com o mapeamento das necessidades patológicas dos pacientes.

- Fase 2: Evidenciar exemplares de produtos existentes no mercado, bem como suas características.

- Fase 3: Definição da motorização e do sistema de transmissão de movimentos adotada pelo modelo funcional.

- Fase 4: Projetar um software de gerenciamento de funções com o objetivo de atender as necessidades evidenciadas pela pesquisa, bem como promover novas possibilidades referentes ao monitoramento e avaliação do desempenho do produto em três esferas interligadas, produto, usuário direto (paciente) e usuário indireto (fisioterapeuta).

- Fase 5: Realizar projeto detalhado do modelo funcional com o intuito de validar sua interface com o software de gerenciamento de funções.

3. Desenvolvimento

A intensidade do tratamento é aplicada de acordo com os princípios fisiológicos que envolvem o processo de recuperação tecidual, e os aspectos clínicos relacionados à patologia apresentada pelo paciente.

A articulação e a amplitude de movimento (ADM) do paciente devem ser avaliadas após cada sessão, observando, registrando, e monitorando-se os sinais e sintomas bem como o ganho da ADM. Se houver aumento da dor ou aumento importante de edema articular após a aplicação, revisar se a dosagem (amplitude) ou duração do tratamento (Rigorosidade). Sempre procurar trabalhar na “Zona de Conforto” buscando a evolução da função articular. (KISNER, 1992)

3.1 Fundamentos Fisioterapêuticos

Mobilização articular refere-se às técnicas que são usadas para tratar disfunções articulares como rigidez, hipomobilidade (pouca mobilidade) articular reversível ou dor. Para usar efetivamente a mobilização articular no tratamento, o profissional precisa ter profundo conhecimento da anatomia humana, biomecânica, fisiologia, e patologias do sistema músculo-esquelético, reconhecendo quando as técnicas são indicadas e aplicadas, sendo assim, mais efetivas. A técnica de mobilização articular pode ser aplicada com um movimento oscilatório ou um alongamento mantido de modo a diminuir a dor ou aumentar a mobilidade (MAGEE, 1987).

Os objetivos da mobilização articular são:

- Remodelar o colágeno (tecido do ligamento) ao longo das linhas de força, que representam o sentido de organização do tecido.
- Redução do edema ou inchaço, estimulando retorno venoso e linfático (líquidos).
- Remodelação do tecido cartilaginoso - Ativação de nervos aferentes (da periferia ao centro) nos Músculos, junção músculo-tendínea e pele.

3.2. Fundamentos Ergonômicos

Sanders e McCormick (1993) afirmam que o desenvolvimento da ergonomia certamente está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento da tecnologia e, como tal, ao início da revolução industrial no final do século dezanove e início do século vinte.

Segundo Soares (1998), a ergonomia desempenha três papéis tradicionais no desenvolvimento de produto:

- A identificação das necessidades dos usuários;
- A interface do usuário com o produto;
- Aplicação de testes e avaliações de modelos e protótipos.

3.2.1 Análise da Tarefa

A análise da tarefa visa detalhar o procedimento fisioterapêutico com o intuito de delimitar o campo de ação projetual.

Estando o paciente com a mobilidade articular limitada e dolorosa, procurar avaliar e analisar quais os tecidos envolvidos na reprodução da sintomatologia, assim determinar se o tratamento será direcionado primeiramente para alívio da dor ou no alongamento de um tecido mole.

A qualidade da dor nos permite determinar o estágio de recuperação e a dosagem das técnicas usadas:

- Sendo a dor sentida antes da limitação tecidual, como uma dor muscular que ocorre em defesa ao movimento, podem ser utilizadas técnicas articulares inibidoras da dor, mantendo-se ainda a mobilidade articular.

- Se a dor é sentida ao mesmo tempo da limitação tecidual, como uma dor que de um tecido em processo inicial de cicatrização, a limitação deve ser tratada com cuidado, usando-se técnicas mais leves de alongamento para a estrutura retraída de modo a melhorar gradualmente o movimento sem exacerbar a dor por lesar novamente o tecido.

- Se a dor é sentida após ter sido encontrada a limitação tecidual devido ao alongamento de um tecido cápsulo-ligamentar ou periarticular (ao redor da articulação) retraído, a articulação rígida pode ser agressivamente alongada com técnicas de mobilização.

O paciente que fará uso da CPM estará deitado em decúbito dorsal (Deitado de costas) no leito, onde o membro a ser tratado deve estar posicionado de forma alinhada em relação ao aparelho, sem desvios rotacionais que envolvam os ossos que compõem as articulações, permitindo que o grau de distensão dos tecidos cápsulo-ligamentares e periarticulares durante o movimento, seja de um padrão mais fisiológico possível.

Quanto à estabilização do paciente, o membro inferior deve estar acondicionado através de velcros sobre o pé em um apoio distal da máquina, podendo-se também utilizar os “Tensores de Alinhamento”, que são nada mais de elásticos (thera tubes), onde uma das extremidades é presa na face medial e lateral de uma joelheira, e as outras respectivas extremidades, presas ao nível do articulador central da CPM. É válido salientar que este acessório não compõe as máquinas de movimento passivo contínuo, ou seja, os tensores de alinhamento são uma alternativa para minimizar os desvios laterais do joelho (Valgo e Varo)

O fisioterapeuta avalia o segmento do paciente antes da instalação do aparelho, identifica o padrão ou padrões de movimento que trarão melhor resposta. Realizando a programação do movimento o paciente possui um dispositivo (controle), que bloqueia o aumento da flexão (dobrar) do joelho no limite de tolerância da dor referida. Sendo programável o aumento do movimento após um período de aplicação, e se estipula um novo bloqueio além da amplitude utilizada anteriormente.

A utilização do C.P.M. se dá no pós-operatório imediato, durante uma hora e três vezes ao dia. No segundo dia, de seis a oito horas durante o dia e toda à noite. Segue aplicação nos dias seguintes, até o ganho de movimento fisiológico ativo (paciente faz sozinho).

4. Resultados

Este item apresenta os resultados da pesquisa divididos em “Projeto do Programa de Controle” e “Projeto do Modelo Funcional”.

4.1 Projeto do Programa de Controle

Utilizou-se uma linguagem de programação funcional concebida por John McCarthy em 1960 denominada *Lisp*, que significa Lista de Processos. O programa em Lisp utiliza os recursos de um software CAD (*Computer Aided Design*, ou seja, desenho assistido por computador) para obter as informações dos desenhos.

Após armazenar as informações, é gerada uma programação CNC (*Computer Numeric Control*, que significa controle numérico computadorizado).

O CNC é um controlador numérico que permite o controle de máquinas através de uma lista de movimentos escritos num código específico (código G). O CNC foi desenvolvido na década de 1940, e é considerado uma evolução dos controladores numéricos.

Em seguida, após a geração do código G com as informações necessárias, envia-se as mesmas para um programa CAM (*Computer Aided Manufacturing*, que significa manufatura auxiliada por computador), que tem por função transformar programações CNC em informações para um gerenciador de funções, o driver.

O driver irá transformar as informações descritas acima em pulsos para que os motores de passo possam operar conforme a necessidade imposta pelo equipamento.

O fluxograma da figura 2 exemplifica as fases de configuração do programa de controle descritas acima.

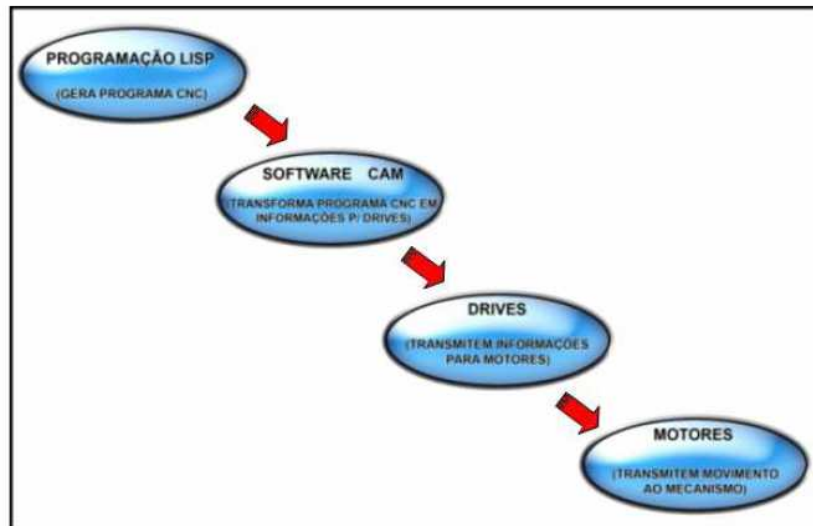


FIGURA 2 – Fluxograma
Fonte: Arquivo pessoal

4.2 Projeto do Modelo Funcional

Durante a pesquisa, surgiu à possibilidade de utilizar um motor de corrente contínua, porém esta alternativa foi descartada devido ao fato deste utilizar um sensor de movimento, fato este que o torna menos eficiente, pois o motor passo representa uma solução mais simples, podendo ser controlado precisamente por meio de pulsos.

Fazendo referencia a primeira alternativa gerada, a figura 2 evidencia um sistema de transmissão de movimentos que utiliza apenas um motor de passo.

O motor (Indicação “1”) possui um prolongamento de seu eixo, que está ligado a um rolamento (Indicação “2”) que executa giros horários e anti-horários, de maneira que o conjunto móvel das hastes do modelo, que estão ligadas ao cabo de aço por meio de um único ponto fixo (Indicação “3”), movimenta-se de no sentido horizontal.

Esta alternativa foi descartada em função da preocupação com a instabilidade do conjunto móvel, uma vez que este possui apenas um ponto central de tração (Indicação “3”).

Já na figura 3 pode-se observar que o sistema foi alterado com o acréscimo de um motor em função do baixo torque do mesmo.

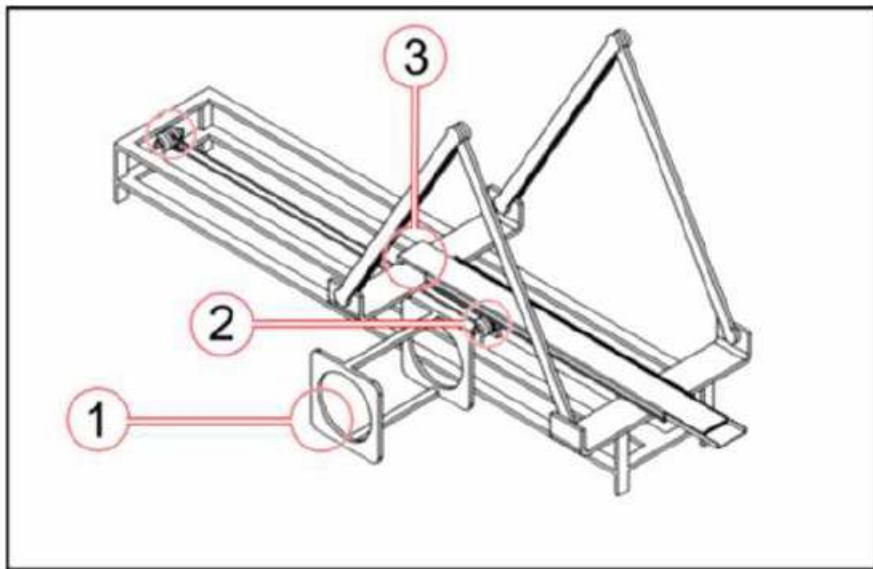


FIGURA 3 – Alternativa descartada
 Fonte: Arquivo pessoal

Também foi alterado o sistema de transmissão de movimentos em função da adoção de dois motores, nesta alternativa, o giro do eixo do motor movimenta um cabo que está afixado em dois pontos nas extremidades das corrediças, desta forma, ao girar no sentido anti-horário, o conjunto movimenta-se de maneira que as hastes cheguem ao ângulo de 180° (hastes na posição horizontal) e ao girar no sentido horário, o conjunto chega ao ângulo de 60° .

Esta alternativa apresenta um sistema diferenciado da opção anterior, pois evidencia regulagens antropométricas das hastes.

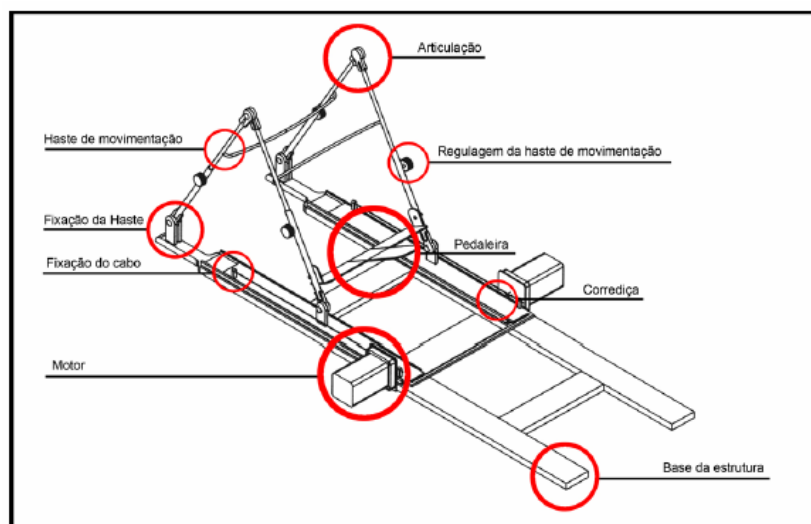


FIGURA 4 – Alternativa selecionada
 Fonte: Arquivo pessoal

Já na figura 4 pode-se observar que o sistema foi alterado com o acréscimo de um motor em função do baixo torque do mesmo. Também foi alterado o sistema de transmissão de movimentos em função da adoção de dois motores, nesta alternativa, o giro do eixo do motor movimenta um cabo que está afixado em dois pontos nas extremidades das corredeiras, desta forma, ao girar no sentido anti-horário, o conjunto movimenta-se de maneira que as hastes cheguem ao ângulo de 180° (hastes na posição horizontal) e ao girar no sentido horário, o conjunto chega ao ângulo de 60°. Esta alternativa apresenta um sistema diferenciado da opção anterior, pois evidencia regulagens antropométricas das hastes.



FIGURA 5 – Peças utilizadas na confecção do modelo funcional
Fonte: Arquivo pessoal

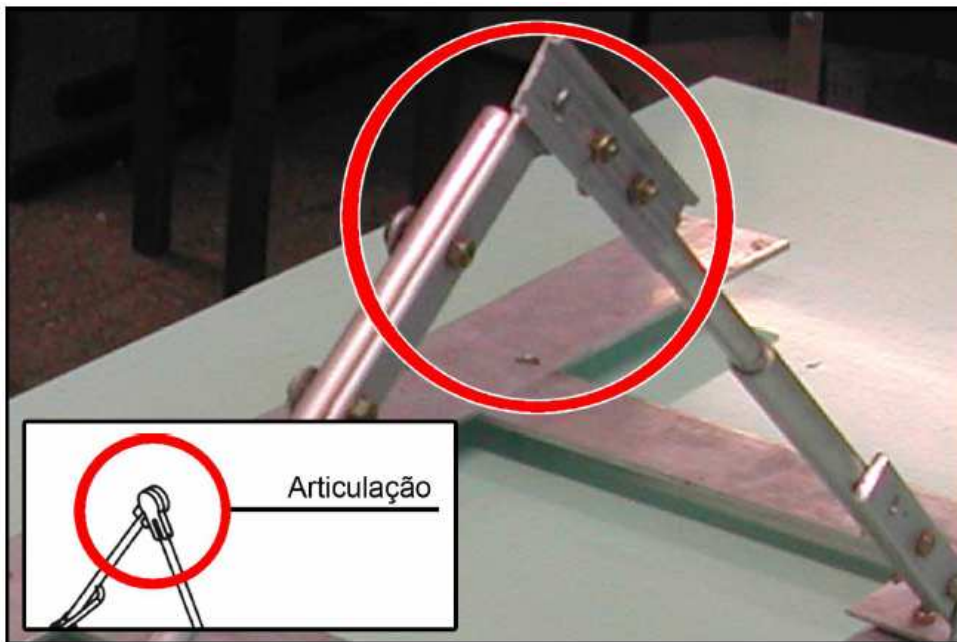


FIGURA 6 – Articulação das hastes de movimentação
Fonte: Arquivo pessoal

A figura 6 evidencia outra alteração ocorrida, devido à inviabilidade de usinagem de algumas peças, foram feitas alterações utilizando peças já existentes no mercado que tivessem a funções semelhantes.

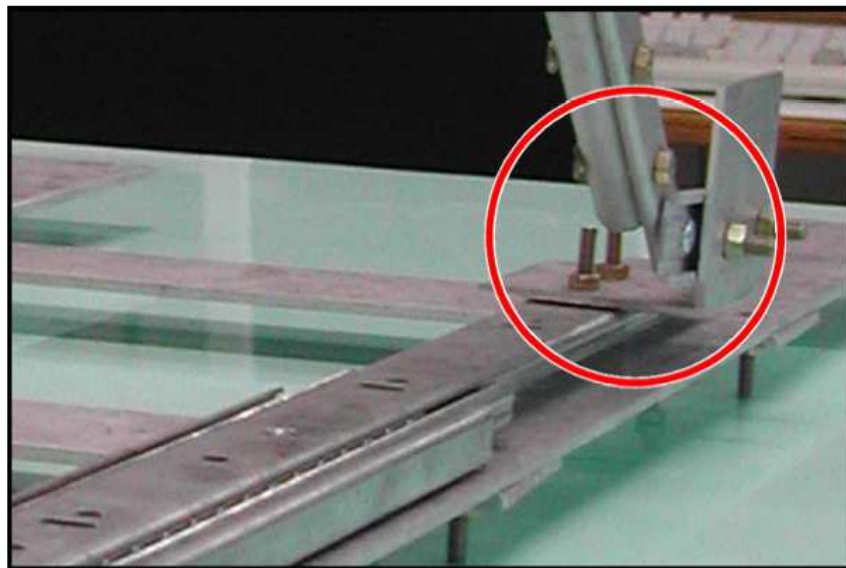


FIGURA 7 – Atrito da corredeia com a base da estrutura

Fonte: Arquivo pessoal

Ao observar a figura 7 percebe-se o primeiro problema apresentado pelo Modelo Funcional, a extremidade da corredeia evidenciou atrito (Indicação – Círculo Vermelho) com a base da estrutura devido ao peso proporcionado pelo acondicionamento das hastes de movimentação.

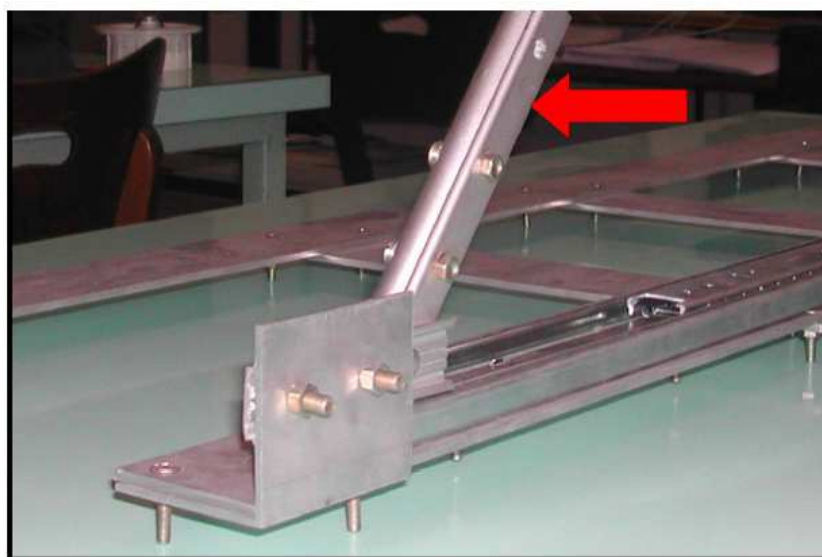


FIGURA 8 – Atrito da corredeia com a base da estrutura

Fonte: Arquivo pessoal

Ao observar a Figura 8, percebe-se o segundo problema apresentado pelo Modelo Funcional, em função da impossibilidade de usar algumas peças, estas foram sendo adaptadas, como a imagem evidencia (Indicação – Círculo Vermelho). A base de sustentação articulada da haste de movimentação foi montada com apenas um ponto de fixação (Indicação - seta), quando deveria apresentar dois pontos, um lateral esquerdo e um lateral direito.

Em função desta alteração, o conjunto ficou fora do alinhamento central, fato este que impossibilitou a montagem do motor e das demais peças.

5. Considerações Finais

A presente pesquisa encontra-se em fase de desenvolvimento e representa um importante passo com referencia a técnica do movimento passivo contínuo, pois proporciona inúmeras possibilidades futuras de monitoramento e gerenciamento do desenvolvimento dos pacientes.

Para atender as necessidades dos usuários (fisioterapeutas), se fez necessário uma análise aprofundada de uma taxonomia que se dividiu em duas teorias:

A teoria de fundamento, que fez referencia aos fundamentos fisioterapêuticos e ergonômicos e a teoria de foco, que disse respeito à aplicação da tecnologia da informação e da ergonomia como ferramentas de projeto.

Após os esclarecimentos acima, pode-se concluir que, projetar um dispositivo programável de movimento passivo contínuo para membros inferiores, com base em conhecimentos fisioterapêuticos, ergonômicos, tecnológicos e projetuais, significa uma nova ótica no processo de tratamento de lesões em membros inferiores por meio da técnica do movimento passivo contínuo, pois a transformação de um procedimento manual e impreciso em um movimento programável e preciso, significa otimizar a tarefa executada pelo fisioterapeuta.

Contribuir para com a responsabilidade social significa voltar nosso pensamento para nossa real contribuição profissional para a sociedade, promovendo cada vez mais a interdisciplinaridade e a construção do conhecimento em prol do ambiente a qual estamos inseridos.

6. Referências

- CARAZZATO, J. G.; CAMPOS, L. A. N. ;CARAZZATO, S. G. Incidência de lesões traumáticas em atletas competitivos de dez tipos de modalidades esportivas. Revista Brasileira de Ortopedia. Out. 1992. v. 27, n. 10, p. 745-758.
- COHEN, M. Lesões Musculares. 2002. Disponível em: www.institutocohen.com.br. Acesso em: 26/07/2002.
- COHEN, M.; ABDALA, R.J. Lesões no esporte: diagnóstico, prevenção e tratamento. Rio de Janeiro: Revinter, 2003.
- HARRIS, C.M.-T. (1990). A study in the marketing of ergonomic expertise in the industrial setting. Ergonomics, 33, 547-552.
- JAPIASSU, Hilton. Interdisciplinaridade e patologia do saber. Rio de Janeiro: Imago, 1976.
- JORDAN, P.W. (2000). Designing pleasurable products. London, Taylor & Francis.
- KISNER, C, COLBY, L. A. Exercícios Terapêuticos. Fundamentos e Técnicas. ed. Manole, 2. ed., São Paulo – SP, 1992.
- KREIFELDT, J.G. & HILL, P.H. (1976). The integration of human factors and industrial design for consumer products. Proceedings of 6th. Congress of the International Ergonomics Association. 20th. Annual Meeting of Human Factors Society. Santa Monica, CA, Human Factors Society, 108-112.
- MAGEE, D.: Orthopedic Physical Assessment. WB Saunders Co, Philadelphia, 1987.
- SANDERS, M.S. e McCormick, E.J. (1993). Human factors in engineering and design. 7a. ed. New York, McGraw-Hill.
- PIAGET, Jean. L'épistemologie des relations interdisciplinaires". In: OCDE/CERI, L'interdisciplinarité: problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités. Paris, OCDE, 1972.

SARTER, R. B History of rest and motion and the scientific basis for early continuous passive motion. Hand Clin 1996.

SOARES, M.M. Segurança do Produto: Reduzindo acidentes através do Design. (ABERGO, Rio de Janeiro). 1998.