

## **Proposta de automação do equipamento fisioterapêutico Roda de Ombro: Uma nova alternativa para recuperação de Doenças Osteomusculares Resultantes do Trabalho**

Samuel Roberto Marcondes (UTFPR) [srmarcondes@utfpr.edu.br](mailto:srmarcondes@utfpr.edu.br)  
Louisi Francis Moura (UTFPR) [louisifrancis@utfpr.edu.br](mailto:louisifrancis@utfpr.edu.br)

### **Resumo:**

A ergonomia possui um amplo caráter interdisciplinar e utiliza conhecimentos de várias áreas científicas, considerando fatores ambientais, físicos, cognitivos e psíquicos para adaptar o posto de trabalho e o ambiente às características e necessidade do trabalhador. A ergonomia física em especial, trabalha com as respostas do corpo humano à carga física e psicológica incluindo fatores como repetição, vibração, força e postura estática, que se relacionam com as lesões músculo-esqueléticas. Assim sendo, uma das áreas sobre a qual ela se ampara, encontra-se a fisioterapia que nos últimos 20 anos especificamente, apresentou um grande avanço nos diversos recursos utilizados através do desenvolvimento de modernos e eficazes aparelhos eletrônicos, ampliando a capacidade de recuperação de diversos tecidos lesados do paciente. Diferentemente de outras áreas da fisioterapia, a mecanoterapia não sofreu o mesmo avanço e carece de estudos voltados para tal acontecimento. O presente trabalho tem como objetivo propor uma automação do aparelho fisioterapêutico Roda de Ombro, mas é também seu compromisso promover uma importante contribuição tecnológica e social, com o fim de recolocar o aparelho em uma maior escala de utilização, demonstrando que o recurso da mecanoterapia também pode ser hoje eficaz e satisfatório na recuperação de pacientes acometidos pelas Doenças Osteomusculares Resultantes do Trabalho.

**Palavras chave:** Automação, Ergonomia, Doenças Osteomusculares Resultantes do Trabalho.

## **Automation proposal for the physiotherapy equipment Wheel Shoulder. A new alternative for recovery of Musculoskeletal Disorders Resulted from Work.**

### **Abstract:**

Ergonomics has a broad interdisciplinary nature and uses knowledge from various scientific fields, considering environmental factors, such as physical, cognitive and physical impairments to adapt the workplace and environment to the worker's characteristics and needs. The physical ergonomics works particularly with the body's responses to the human's physical and psychological factors like repetition, vibration, strength and static posture, which relate to musculoskeletal injuries. Thus, one of the areas on which it is based is the physiotherapy which specifically in the last 20 years presented a great advance in various resources through the development of modern and efficient electronic devices, increasing the resilience of many patient's damaged tissues. Unlike other areas of physiotherapy, the mechanotherapy did not suffer the same breakthrough and still lacks studies towards its development. This work proposes an automation of the physiotherapy Shoulder wheel unit. This work is also compromised to promote an important technological and social contribution in order to replace the unit in a larger scale of use, demonstrating that the use of mechanotherapy can also be effective and satisfactory in the recovery of patients affected by musculoskeletal disorders resulted from work.

**Key-words:** Automation, Ergonomics, Musculoskeletal Disorders Resulted from Work.

## 1. Introdução

As doenças decorrentes de acidentes de trabalho têm acarretado em uma série de causas trabalhistas no mundo todo. Além de impossibilitar o trabalhador de continuar na execução das tarefas laborais, a empresa perde mão-de-obra. Segundo Helsfenstein (2000), além da sobrecarga dinâmica, a sobrecarga estática, o excesso de força para execução de tarefas, os trabalhos sob temperatura, umidade e ventilação inadequadas e o uso prolongado de instrumentos com vibração excessiva podem também contribuir para o aparecimento de enfermidades músculo-esqueléticas.

Em 2005, o Brasil registrou um aumento de 5% no número de casos levados ao INSS (Instituto Nacional de Seguro Social), resultando em mais de 490 mil casos de acidentes de trabalho. De acordo com Soares (2010), dentre os acidentes de trabalho mais incidentes nesse ano encontram-se as lesões no ombro.

Os estudos de Biomecânica do Trabalho visam analisar as interações e as consequências da relação homem-trabalho do ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos. Nesse sentido, os estudos voltados para as Doenças Osteomusculares Resultantes do Trabalho, também conhecidos como DORT, mostram que o ombro tem aparecido como segundo maior motivo de distúrbios musculoesqueléticos.

Em alguns casos, a fisioterapia é associada a diversos recursos de tratamento como a Mecanoterapia, por exemplo, que é o tratamento dos movimentos do corpo humano através de aparelhos mecânicos, sendo empregada na recuperação terapêutica de certas afecções osteomusculo-articulares e/ou nervosas (HALL, 1993). Gustav ZANDER (1835-1920) pode ser considerado o pai da mecanoterapia. Foi ele quem introduziu o uso de rodas, alavancas e pesos, num total de 27 máquinas para o uso na área. Em 1864 instalou seu Instituto Médico Mecânico em Estocolmo e exportou o Método ZANDER para vários países da Europa, da América do Sul e Estados Unidos, tanto que em 1893, sete países tinham Institutos ZANDER, totalmente equipados e os pacientes se recuperavam com a Mecanoterapia.

Estes aparelhos eram oriundos de Wiesbaden, na Alemanha, e deixaram de ser fabricados quando da 1ª Guerra Mundial. Até hoje, ainda encontramos locais equipados com estes aparelhos. A mecanoterapia está sendo esquecida no tratamento fisioterapêutico, justamente devido ao fato da criação desses aparelhos serem relativamente antigos. Este fator, aliado ao crescimento das modernas e avançadas técnicas de tratamento e de outros recursos que a fisioterapia utiliza, leva a esse esquecimento. Um exemplo característico é a Roda de Ombro, que desde a sua data de criação no período Pós I Guerra Mundial, não obteve nenhuma melhoria ou até mesmo uma adaptação para evolução do aparelho (FERREIRA e NOGUEIRA, 1984).

O equipamento Roda de Ombro é um equipamento mecanoterápico utilizado para recuperação de pacientes após a cirurgia corretiva de luxação ou para recuperação de um acidente que apresentem sequelas. O uso do equipamento se deve a necessidade de movimentos para a recuperação dos pacientes, sejam de origem ortopédica, traumatológica, pneumatológica, neurológica e oncológica, e precisam fortalecer os ligamentos e grupos musculares aumentando a quantidade de fibras motoras a serem recrutadas em determinados tipos de movimento, bem como a potência destas fibras em sustentar uma carga maior, e com isso viabilizando algum tipo de função ainda não ou pelo menos não adequadamente explorada pelo paciente, gerando por consequência a recuperação de amplitude total do movimento que antes era desenvolvido.

Este artigo apresenta uma proposta de automação do aparelho Roda de Ombro, através da implantação de um sistema eletromagnético, voltado para uma melhoria no controle de carga

mecânica através da implantação de um sistema eletromagnético, que tem por objetivo agregar uma fácil e rápida utilização. Também se busca realizar uma maior adaptação do aparelho ao paciente e ao fisioterapeuta, para que ambos tenham maior satisfação e dedicação ao desenvolverem suas tarefas.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1 Distúrbios músculo esqueléticos na região do ombro**

Ciullo (1996) propôs que microtraumas repetidos levariam a uma atrofia do manguito rotador, aumentando assim a migração superior da cabeça umeral e elevação do braço. O choque repetido da grande tuberosidade contra o arco coracoacromial acaba por formar esporões agravando assim a patologia que está sendo tratada em questão.

Para atender as necessidades funcionais do membro superior, o ombro adaptou-se e desenvolveu a maior de todas as amplitudes de movimento das articulações do corpo. Essa quantidade de movimento causou a perda da estabilidade inerente ao conjunto de articulações do ombro, e foi descrito por Galeno como “o antagonismo entre a diversidade de movimentos e a segurança da construção” (JOBE, 1990).

O ombro não se resume a uma única articulação, mas o mesmo se organiza em geral, morfofuncionalmente em um complexo articular que possibilita diferentes ações. Ao estudar ou examinar esta região, devemos considerá-la como um complexo articular que mantém relações de interdependência na busca das condições da dinâmica articular: a mobilidade com estabilidade (SOUZA, 2001). Ações isoladas dos músculos em atividades do membro superior são dificilmente conseguidas. O sinergismo, ajuste e equilíbrio postural deste complexo geralmente recrutam vários músculos no controle do movimento.

Os músculos mais ativos no movimento do ombro são: o manguito rotador, serrátil anterior, trapézio, elevador da escápula, rombóide menor, grande dorsal, peitoral maior, peitoral menor e deltóide. O manguito rotador é o músculo de maior abordagem no movimento que o paciente realiza na Roda de Ombro, por isso constitui o alvo mais marcante nos processos patológicos e qualquer alteração no equilíbrio de força entre esses músculos resultaria em diferentes patologias (FONGEMIE, 1998). Segundo Craig (2000) os músculos do manguito rotador desempenham três funções básicas: potencializam as rotações da articulação glenoumeral, estabilizam a dinâmica da articulação glenoumeral e proporcionam um compartimento fechado importante para a nutrição das superfícies articulares da cabeça umeral e cavidade glenóica.

Canavam (2001) afirma que o desequilíbrio de forças do manguito rotador gera patologias que incluem tendinite, bursite subacromial, ruptura parcial ou total do manguito rotador e síndrome do impacto. Um fator importante na maioria dos casos é seu uso excessivo, especialmente em modalidades esportivas. Os sintomas variam de um pequeno desconforto a um enfraquecimento profundo do ombro e uma dor incapacitante grave.

A dor no ombro é uma queixa frequente principalmente naquelas pessoas que fazem trabalho braçal e em alguns tipos de atleta. O jogador de vôlei, por exemplo, é um de atleta que tende a desenvolver dor no ombro pelo fato de fazer movimento exageradamente repetitivo. Patologias do ombro têm duas origens: a traumática e a não-traumática. A traumática consiste em quedas, estiramentos, acidentes, fraturas, ruptura de ligamentos e tendões. As patologias não-traumáticas consistem em tendinites, bursites, artroses, reumatismo, exercício físico incorreto, deformidades genéticas, seqüelas. A maioria dessas doenças é causada pelo movimento repetitivo do ombro. As patologias dolorosas do ombro podem comprometer a qualidade de vida desses pacientes, já que a pessoa fica impedida de realizar as suas

atividades diárias e os atletas ficam afastados de suas atividades físicas (PETERSON, 1997).

Lida (1990) aponta que, na postura em que o trabalhador se encontra com os braços esticados, a maior incidência de dor encontra-se nos ombros e braços. Quando em força para alcance vertical, o braço é mantido na posição elevada, acima dos ombros, por isso os músculos dos ombros e bíceps se fadigam rapidamente, podendo aparecer dores. Para o alcance horizontal, tendo-se um peso às mãos é utilizado como referência a linha vertical que passa pelos ombros para se determinar o tempo máximo que se pode aguentar em função da distância que esse peso se encontrar dessa linha imaginária. Acima dos limites, começam a surgir dores nos ombros e braços. Se for utilizado um apoio para o cotovelo, esses tempos podem ser triplicados.

Segundo Soares (2010), “muitos distúrbios musculoesqueléticos na região do ombro estão relacionados à amplitude de movimentação e à repetitividade de movimentos, acarretando sobrecarga nessa articulação devido ao atrito do tendão, bem como a provável isquemia do mesmo”. Como consequência, os autores explicam que “movimentos excessivos de abdução acima de 90° graus predispoem o indivíduo ao surgimento da bursite subacromial, devido à compressão mantida e repetitiva desta região, desencadeando dor e restrição da amplitude de movimento” (SOARES, 2010). Em trabalhos de precisão a concentração de força está nas pontas dos dedos, mas com a fadiga, há uma tendência em substituí-los pelos movimentos do punho, cotovelo, ombro, causando perda da precisão.

## 2.2 Roda de Ombro

O uso efetivo de instrumentos mecânicos com fins terapêuticos ocorreu nos últimos anos do século XIX, por terem apresentado condição para a realização de exercícios contra uma resistência e meios para dosificar a resistência que deveria ser imposta ao exercício.

A Roda de Ombro é composta por um círculo em metal, com 1,10 a 1,20m de diâmetro, cujos raios estão fixados externamente ao círculo. Centralmente há um cilindro que se encaixa no eixo, no qual está montado numa base retangular. A um de seus raios fica conectada uma manivela, que possui um sistema de regulagem, proporcionando uma maior ou menor amplitude de movimentos. No eixo existe um sistema de resistência de frenagem. Todo o conjunto está montado sobre duas hastes tubulares, que facilitam o deslocamento para cima e para baixo, regulando desta maneira a altura da roda. Ela é fixada à parede, através de dois suportes de madeira e pode ser usada em níveis reguláveis, quanto à altura, levando em consideração a estatura do paciente e os objetivos do exercício (FERREIRA e NOGUEIRA, 1984).

É um aparelho que está defasado em relação à tecnologia empregada desde a sua invenção. O controle feito sobre o equipamento é manual e visual, sem obtenção da precisão desejada. Possui um funcionamento totalmente mecânico, e como a sua operação depende exclusivamente do esforço do paciente, há um grande impacto nas articulações, e isto ao longo de todo o tempo de tratamento, pode resultar em algumas lesões não desejadas. Com o aparelho automatizado através do controle eletromagnético aqui proposto esse impacto será minimizado, para que o paciente não fique mais exposto a esse problema que o aparelho atual apresenta.

Apresenta uma simples e fácil utilização, sendo composta basicamente por cinco partes: (1) a roda que é feita de metal e ligada ao centro do aparelho por três hastes, (2) ajustador de regulação do torque, (3) regulação da amplitude de movimento, (4) as hastes tubulares de sustentação do aparelho que são fixadas na parede, (5) cilindro central que une as três guias, como pode ser observado na figura 1 a seguir:

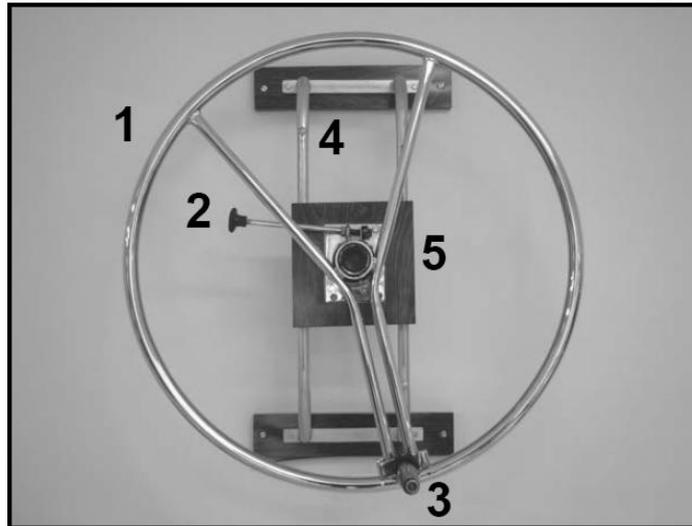


Figura 1 - Roda de Ombro

O principal problema do aparelho em questão é a falta do controle de carga que o aparelho apresenta que é realizado de forma rudimentar, através de uma manivela. Com a sua variação se tem um diferente nível de frenagem no cilindro central, e devido unicamente a esse fato o paciente tem alterações na força muscular que o mesmo desenvolve para realizar o movimento de rotação. Na maioria das vezes, o paciente se encontra em uma situação debilitada para realizar o exercício, seja através de um momento pós-cirúrgico ou até mesmo no final de um processo reabilitacional. E devido a essas alterações na força muscular que o paciente desenvolve, acabam ocorrendo os microtraumas, que são indesejáveis durante a reabilitação. Com o aparelho automatizado através do controle eletromagnético aqui proposto esse impacto será minimizado, para que o paciente não fique mais exposto a esse problema que o aparelho atual apresenta.



Figura 2 - Visão do Controle de Carga do equipamento

### 3. Proposta de automação do aparelho Roda de Ombro

O aparelho Roda de Ombro necessita principalmente de um controle eficaz de frenagem, aplicado diretamente no seu eixo principal (cilindro central). Após uma longa pesquisa, algumas idéias surgiram, e então se chegou a conclusão de que a frenagem por indução eletromagnética seria a melhor solução para este problema. Leva-se em conta para a

viabilidade do projeto, a eficácia do sistema unida ao baixo custo final.

O eficiente controle da potência de uma ferramenta ou eletrodoméstico pode ser feito com o uso de um circuito chamado *dimmer*. E nesta aplicação, foi sugerido o uso deste circuito para o controle da intensidade do campo magnético aplicado nos eletroímãs.

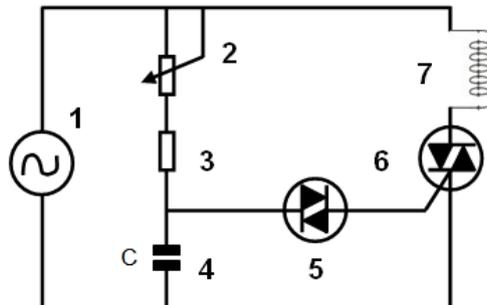


Figura 3 - Circuito *Dimmer*

Item	Descrição
1	Fonte 127V C.A.
2	Potenciômetro: 100k $\Omega$
3	Resistor: 10k $\Omega$ x 1W
4	Capacitor: 220 nF (poliéster)
5	DIAC
6	TRIAC-TIC116B (rede de 127VCA)
7	Eletroímã

Fonte: Autoria própria (2011)

Tabela 1 - Elementos que compõem o circuito *dimmer*

Durante a elaboração desta proposta foi implementado em bancada um simulador do sistema eletromagnético, para poder ser visualizado o controle da potência aplicada nos eletroímãs.

Para isso foi utilizada uma rede convencional de 127V corrente alternada, que foi conectada ao circuito proposto (*dimmer*) e na saída deste circuito foi aplicada diretamente na bobina (eletroímã). Foi monitorada a tensão aplicada na bobina através do *software* de um osciloscópio, e a corrente através de um multímetro. Conseguiu-se observar claramente o circuito *dimmer* controlando a tensão aplicada na bobina. Depois de alguns testes, coletamos as formas de onda, com disparo no final e no início do semi-ciclo, conforme pode ser observado na figura a seguir:

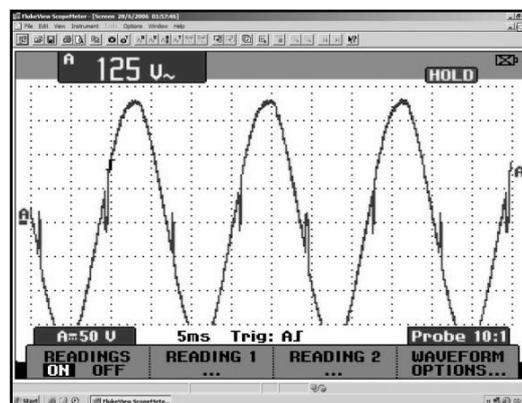


Figura 4 - Forma de onda no início do semi-ciclo

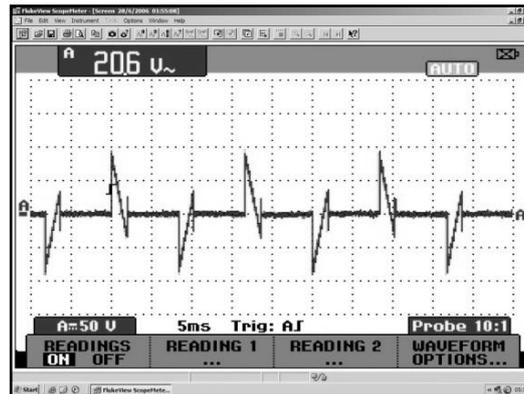


Figura 5 - Forma de onda no final do semi-ciclo

Também foram coletadas amostras do valor de resistência no potenciômetro do circuito *dimmer*, valores da corrente aplicada no eletroímã e o valor de tensão aplicada no eletroímã, correlacionando-as e, como consequência, obteve-se um gráfico que pode ser observado na figura a seguir:

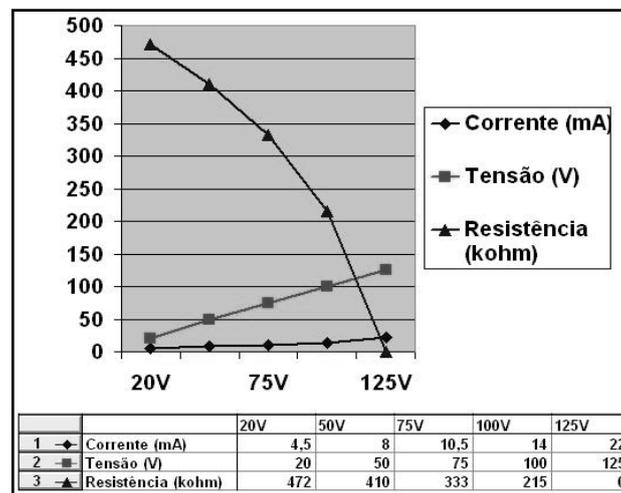


Figura 6 - Variáveis do Circuito Dimmer

Para que a relação homem-máquina ocorra, é indispensável o uso de alguma interface. Sem este fundamento, é impossível haver qualquer tipo de relação. O módulo de ajuste será o controlador do nível de carga. Este controle se dará através da variação de resistência do potenciômetro, que controlará o valor da potência aplicada nos eletroímãs. Para o ajuste dos níveis de carga aplicados nos eletroímãs, será utilizada uma escala visual de 0 a 100% no botão do potenciômetro. O controle de nível de carga é feito através da intensidade de corrente que será aplicada aos pólos das bobinas. Quanto maior a corrente aplicada nos eletroímãs, maior o campo e, conseqüentemente, maior a força de atração que os eletroímãs exercerão sobre o disco magnético.

A definição do modelo do aparelho foi baseada no posicionamento desejado para a realização dos exercícios de amplitude total de movimento do ombro. Tendo em vista que a principal modificação estará focada no mecanismo de regulação de frenagem, optou-se por remodelar o aparelho como um todo. Diante disto, foram planejadas modificações estruturais em virtude da alteração da estrutura interna necessária para um melhor posicionamento do sistema

eletromagnético. Com relação à sua estrutura física, as seguintes modificações foram planejadas:

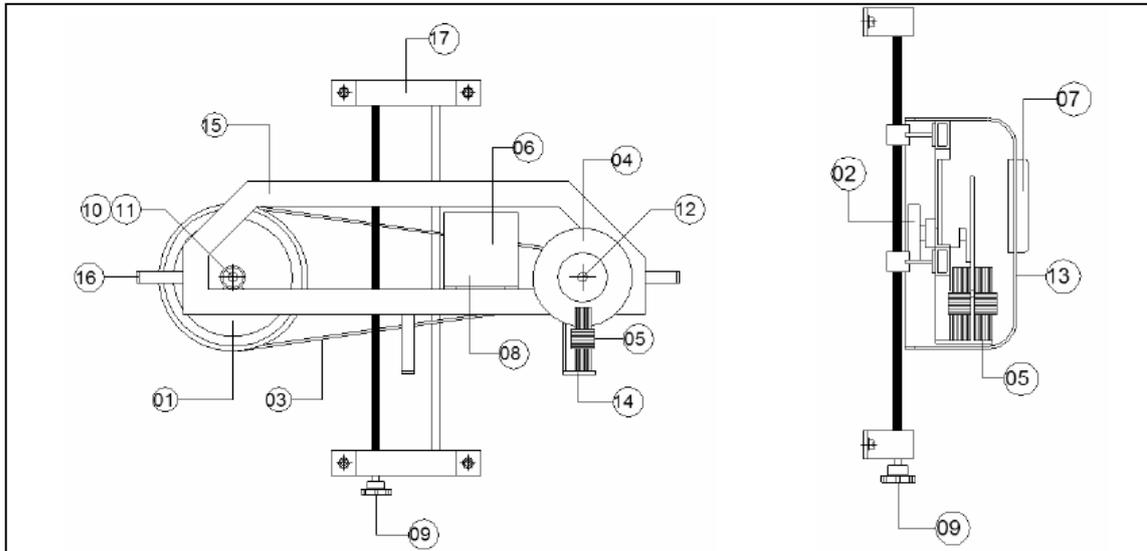


Figura 7 - Perfil interno do Projeto

Item	Descrição
1	Polia maior, de 300 mm de diâmetro
2	Polia menor, de 100 mm de diâmetro
3	Correia em "V" com perfil A-80
4	Disco metálico (aço)
5	Eletroímãs (110V AC)
6	Placa de Potência (circuito <i>dimmer</i> )
7	Módulo de ajuste (Potenciômetro)
8	Conexões Elétricas
9	Sistema de elevação do aparelho
10	Eixo de movimentação
11	Eixo da polia maior
12	Eixo da polia menor
13	Cápsula do corpo do aparelho
14	Suporte dos eletroímãs
15	Chassi
16	Base de fixação do chassi
17	Base de fixação à parede

Fonte: Autoria própria (2011)

Tabela 2 - Elementos que compõem o perfil interno do projeto

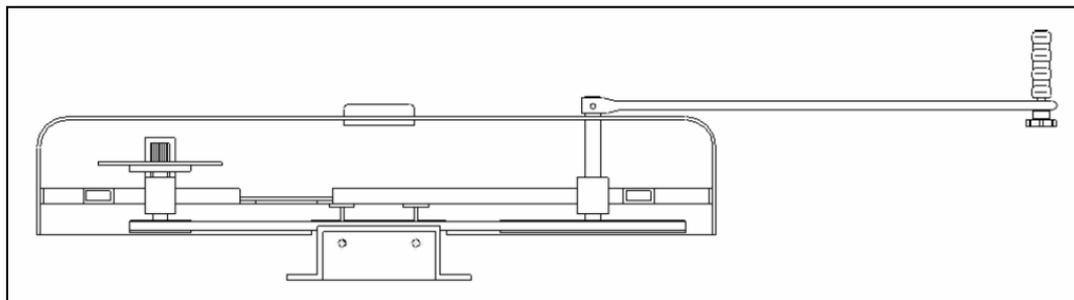


Figura 8 - Perfil superior do projeto

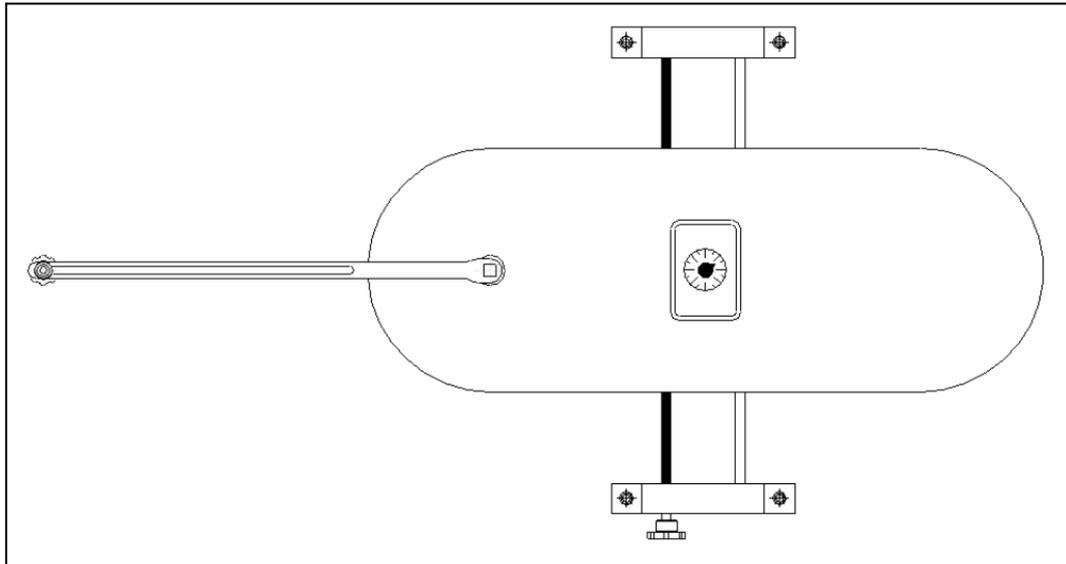


Figura 9 - Perfil externo do projeto

#### 4. Conclusão

O artigo, através de sua pesquisa bibliográfica, atingiu seu objetivo que era de apresentar uma proposta de automação no aparelho Roda de Ombro, através de um sistema eletromagnético. Foi apresentada uma proposta para a solução do problema levantado, e procurou-se elaborar uma proposta de simples e de fácil entendimento. Espera-se que após a sua implementação, o aparelho tenha um controle de carga estável e contínuo, além de apresentar como um todo, um *design* diferenciado e inovador.

Todo e qualquer equipamento, mesmo que empregue a tecnologia mais avançada existente no mercado, nem sempre irá satisfazer a todos os clientes. Entretanto, a proposta certamente pode ser realizada e até aprimorada por futuros pesquisadores.

É importante salientar que este estudo pode ter o seu princípio de funcionamento aplicado em outros aparelhos, que também necessitam de um controle de carga exato para maior eficácia do seu funcionamento. Espera-se futuramente, realizar a implementação do aparelho para serem realizados os testes necessários, para assim, estudar a colocação do mesmo no mercado reabilitacional. Para isso, será buscado o apoio de profissionais da área e de diversas empresas que exercem suas atividades no ramo fisioterapêutico.

#### Referências

- CANAVAM, P. K. *Reabilitação em Medicina Esportiva*. São Paulo: Manole, 2001.
- CIULLO, J. V. *Shoulder injuries in sports. Evaluation, treatment and rehabilitation*. Champaign: Human Kinetics, 1996.
- CRAIG, E. V. *Ortopedia de Turek: Princípios e Aplicações*. São Paulo: Editora Manole, 2000.
- FERREIRA, M. S. & NOGUEIRA, M. R. P. *Terapêutica pela Mecânica*. Pernambuco: Edusam, 1984.
- FONGEMIE, A. E; BUSS, D.D.; ROLNICK & S. J. *Management of shoulder Impingement syndrome and rotator cuff tears*. The American Academy of family Physicians. February-15, 1998.
- IIDA, I. *Ergonomia: Projeto e Produção*. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 1990.
- HALL, S. J. *Biomecânica Básica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.

**HELSEFENSTEIN, M. J.** *Guia do paciente: 10 perguntas essenciais sobre LER e DORT.* São Paulo: Editora BG Cultural, 2000.

**JOBE, F. W. & PINK, M.** *Classification and treatment of shoulder dysfunction in the overhead athlete.* Journal of Orthopedics and sports Physical Therapy, 1993.

**PETERSON, L. & RESTROM, P.** *Traumas no esporte.* São Paulo: Editora Kate Hope, 1997.

**SOARES, M. S.; VICTOR, M. M.; FARIAS, S. C. S. A. & ASSIS, T. O.** *Análise da incapacidade física em portadores de bursite crônica de ombro.* Revista Tema. Campina Grande - v. 10, número 15 - Julho / Dezembro 2010. Disponível em < <http://revistatema.facisa.edu.br/index.php/revistatema/article/view/54/pdf>>.

**SOUZA, M. Z.** *Reabilitação do complexo do ombro.* São Paulo: Editora Manole, 2001.