

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
PRODUÇÃO**

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO  
PROGRAMÁVEL DE MOVIMENTO PASSIVO  
CONTÍNUO PARA MEMBROS INFERIORES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Daniel Quintana Sperb**

**Santa Maria, RS, Brasil.  
2006**

**Sperb, Daniel Quintana, 1978-**

**S749d**

Desenvolvimento de dispositivo programável de movimento passivo contínuo para membros inferiores / por Daniel Quintana Sperb ; orientador Alexandre Dias da Silva. – Santa Maria, 2006. 87 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Ciências Engenharia de Produção, RS, 2006.

1. Engenharia de produção 2. Ergonomia 3. Tecnologia 4. Fisioterapia 5. Movimento passivo contínuo I. Silva, Alexandre Dias, orient. II. Título

CDU: 65.015.11

Ficha catalográfica elaborada por  
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

---

© 2006

Todos os direitos autorais reservados a Daniel Quintana Sperb. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser com autorização por escrito do autor. Endereço: Rua Jose de Souza Lima n. 140, Bairro Sarandi, Santa Maria, RS, Cep:97095-340. Fone (55) 32236489; End. Eletr: dqsporb@gmail.com

---

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Dissertação de Mestrado

**DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PROGRAMÁVEL DE  
MOVIMENTO PASSIVO CONTÍNUO PARA MEMBROS  
INFERIORES**

Elaborada por  
**Daniel Quintana Sperb**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre em  
Engenharia de Produção**

**COMISSAO ORGANIZADORA:**

**Professor. Alexandre Dias da Silva, Dr. Eng.**  
(Presidente/Orientador)

**Professor. Leandro Costa de Oliveira, Dr. Eng. (UFSM)**

**Professor. Leonardo Nabaes Romano, Dr. Eng. (UFSM)**

Santa Maria, 10 de novembro de 2006.

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu amado filho Mikael, minha eterna fonte de inspiração, a minha amada Afilhada Anna Julia, ao meu Pai - exemplo de superação, força e caráter, a minha Mãe - que personifica as palavras dedicação e amor, ao meu irmão (Duda) - por ser exemplo de equilíbrio e a minha irmã (Dada) por muitas vezes ter sido minha segunda Mãe.

Dedico este trabalho a minha família, base sólida que sempre acreditou na minha capacidade quando nem mesmo eu achava que tinha tal virtude.



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a minha amada namorada Daniela, por ser força e luz ao meu lado e por não permitir que minhas angústias fossem causadoras de minha desistência. Obrigado vida!

Agradeço aos meus amigos: Denison, Rodrigo (Digo), Sergio (Mano), Marcelo (Ervilha), Rodrigo (Voz), Aline (Line's), Daniel, Mana, Marcelo, Dory, Julio, Fabio, Remi, Nelci e Ionara por terem contribuído para minha formação profissional e pessoal.

Também agradeço ao meu grupo de trabalho da UFSM composto pelo meu Orientador Professor Alexandre Dias, que desde o primeiro momento acreditou no meu trabalho e ao graduando do curso de Engenharia Mecânica Yuri Zindulis.

Aos Professores Leonardo Nabaes Romano, Leandro Costa, Miguel Pelizan, Jorge Pacheco, Sergio Antônio Brondani e Alexandre Dias, meu muito obrigado por serem Referências profissionais em minha carreira.

**“... Um homem é o que é sua vida. Se um homem não modifica nada dentro de si mesmo, se não transforma radicalmente sua vida, se não trabalha sobre si mesmo, está perdendo seu tempo miseravelmente...”**

**(Samael Aun Weor)**

## SUMARIO

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMENTO.....</b>	<b>V</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>XIII</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XV</b>
<b>CAPÍTULO I - Introdução</b>	
<b>1.1 A demanda do Dispositivo de C.P.M.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 Questão da Pesquisa.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4 Descrição dos Métodos.....</b>	<b>22</b>
<b>1.5 Estrutura da Dissertação.....</b>	<b>23</b>
<b>CAPÍTULO II – Revisão de Literatura</b>	
<b>2.1 Fundamentos Fisioterapêuticos.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.1 Definição e Histórico.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.2 Mobilização articular.....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.3 Indicações da Mobilização articular.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.4 Contra Indicações da Mobilização articular.....</b>	<b>27</b>
<b>2.1.5 Técnicas de Mobilização Oscilatória.....</b>	<b>27</b>
<b>2.2 Fundamentos Tecnológicos.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.1 Definição e Histórico.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2 O uso da Programação.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.3 O uso do Princípio do Comando Numérico.....</b>	<b>30</b>
<b>2.2.4 O uso de Motores.....</b>	<b>34</b>

2.3 Fundamentos Projetuais.....	38
2.3.1 Definição e Histórico.....	38
2.3.2 O Design na Industria.....	40
2.3.3 Considerações sobre Ergonomia.....	41
<b>CAPÍTULO III - Desenvolvimento</b>	
3.1 Pesquisa de campo.....	46
3.2 Análise da Tarefa.....	50
3.3 Mapeamento Funcional.....	52
3.4 Construção do Modelo Funcional.....	60
3.4.1 Transmissão de Movimentos para o Mecanismo.....	60
3.4.2 Montagem do Equipamento.....	61
3.5 Geração do Programa de CN.....	64
3.5.1 Transmissão de Informações para Motores.....	69
<b>CAPÍTULO IV - Resultados</b>	
4.1 Interface de comunicação do software com usuários.....	71
4.1.1 Aplicação do sistema para procedimento pré-definido.....	72
4.1.2 Intervenção do usuário em procedimento pré-definido.....	73
4.2 Proposta de Representação Gráfica da Interface.....	79
4.3 Testes de Funcionamento do Modelo Funcional.....	82
4.3.1 Proposta de Representação Gráfica de Protótipo.....	84
<b>CAPÍTULO V - Considerações Finais.....</b>	<b>88</b>
<b>Referências.....</b>	<b>90</b>
<b>Apêndices.....</b>	<b>95</b>

## LISTA FIGURAS

FIGURA 1 - Interdisciplinaridade imposta pela pesquisa.....	21
FIGURA 2 - Uso C.P.M / Gráfico de Oscilação de Grau 1.....	28
FIGURA 3 - Motor de Corrente Contínua.....	35
FIGURA 4 - Motor de Passo.....	37
FIGURA 5 - Processo perceptivo, cognitivo e motor.....	44
FIGURA 6 - Gráfico 1 Questionamento 1 Fechado.....	46
FIGURA 7 - Gráfico 2 Questionamento 2 Fechado.....	47
FIGURA 8 - Gráfico 3 Questionamento aberto.....	48
FIGURA 9 - Análise Funcional – Indicações.....	50
FIGURA 10 - Organograma da entrada de funções.....	53
FIGURA 11 - Gráfico do Programa “1” – Ganho de mobilidade ao arco máximo.....	54
FIGURA 12 - Gráfico do Programa “1” Modificado.....	54
FIGURA 13 - Gráfico do Programa “2” – Ganho de mobilidade oscilatório.....	55
FIGURA 14 - Gráfico do Programa “2” Modificado.....	55
FIGURA 15 - Gráfico do Programa “3” – Ganho de mobilidade progressivo.....	56
FIGURA 16 - Gráfico do Programa “3” Modificado.....	56
FIGURA 17 - Gráfico do Programa “4” – Ganho de mobilidade com relaxamento....	57
FIGURA 18 - Gráfico do Programa “4” Modificado.....	57
FIGURA 19 - Gráfico do Programa “5” – Mobilidade com arco sustentado.....	58
FIGURA 20 - Gráfico do Programa “5” Modificado.....	58
FIGURA 21 - Gráfico do Programa “6” – Mobilidade com arco progressivo.....	59
FIGURA 22 - Gráfico do Programa “6” Modificado.....	59
FIGURA 23 - Vista Isométrica e Medições.....	61
FIGURA 24 - Peças utilizadas na confecção do modelo funcional.....	62
FIGURA 25 - Montagem da estrutura – Chapas e corredeças.....	62
FIGURA 26 - Base de acondicionamento do motor de passo.....	63
FIGURA 27 - Haste de apoio e sustentação.....	63
FIGURA 28 – Geometria da Função matemática.....	64
FIGURA 29 - Estrutura de lista para representação de entidade reta no CAD.....	66
FIGURA 30 - Fluxograma da programação.....	68
FIGURA 31 - Tela Gerada pelo Software K CAM.....	69

FIGURA 32 - Fluxograma da configuração do programa de controle.....	70
FIGURA 33 - Testes do Funcionamento do Software.....	71
FIGURA 34 - Aplicação do sistema para ao arco máximo.....	72
FIGURA 35 - Aplicação do sistema ao arco sustentado.....	73
FIGURA 36 Exemplo de alteração de parâmetro.....	74
FIGURA 37 – Exemplo de parâmetro de procedimento pré-definido.....	75
FIGURA 38 – Alteração de parâmetro de procedimento pré-definido.....	76
FIGURA 39 - Representação Gráfica do Software – Tela 1.....	80
FIGURA 40 - Representação Gráfica do Software – Tela 2.....	80
FIGURA 41 - Representação Gráfica do Software – Tela 3.....	81
FIGURA 42 - Representação Gráfica do Software – Tela 4.....	81
FIGURA 43 - Sistema de acondicionamento do cabo no eixo do motor.....	82
FIGURA 44 - Detalhe do Sistema de Roldana.....	82
FIGURA 45 - Testes de Tração com Pesos.....	83
FIGURA 46 – Estrutura da Base com fuso em detalhe.....	84
FIGURA 47 - Processo evolutivo 3D.....	85
FIGURA 48 - Representação Gráfica do Protótipo – Vista Isométrica Posterior.....	86
FIGURA 49 - Representação Gráfica do Protótipo – Vista Isométrica Frontal.....	86
FIGURA 50 - Representação Gráfica do Protótipo – Vistas.....	87
FIGURA 51 - Representação Gráfica do Protótipo – Estudo de cor.....	87

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 Resumo da evolução do CNC.....	32
QUADRO 2 Códigos adotados no projeto com suas respectivas funções .....	32
QUADRO 3 Lista de Verificação.....	45
QUADRO 4 Análise Sincrônica.....	49
QUADRO 5 Descrição de siglas adotadas.....	53
QUADRO 6 Programa CNC.....	75
QUADRO 7 Programa CNC modificado.....	77
QUADRO 8 Testes de tração.....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADM.....	Articulação e amplitude de movimento
ABNT.....	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD.....	Computer Aided Design
CAM.....	Computer Aided Manufacturing
CNC.....	Computer Numeric Control
C.P.M.....	Continuous passive motion
EIA .....	Associação das indústrias elétricas dos EUA
IEA.....	International Ergonomic Association
ISO.....	International Organization
LCA.....	Ligamento cruzado anterior
LCL.....	Ligamento colateral lateral
LCM.....	Ligamento colateral medial
LCP.....	Ligamento cruzado posterior
NURBS.....	Non-Uniform Rational B-Spline



## LISTA DE APÊNDICES

Apêndices A.....	Desenhos Técnicos
Apêndices B.....	Modelo Funcional
Apêndice C.....	Questionário

## **RESUMO**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria

### **DESENVOLVIMENTO DE DISPOSITIVO PROGRAMÁVEL DE MOVIMENTO PASSIVO CONTÍNUO PARA MEMBROS INFERIORES**

AUTOR: DANIEL QUINTANA SPERB

ORIENTADOR: ALEXANDRE DIAS DA SILVA

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 10 de Novembro de 2006

Esta pesquisa apresenta a proposta de um dispositivo programável de movimento passivo contínuo fazendo uso da tecnologia de máquinas de comando numérico. 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. Os C.P.M. que existem no mercado são pré-programados, ou seja, não oferecem possibilidades de programação flexível. Além de destacar as motivações referentes ao tema de pesquisa, bem como a aplicação da mesma, este trabalho apresenta metodologia composta por uma revisão de literatura contemplando questões sobre fundamentos tecnológicos, fisioterapêuticos e projetuais, seguidos por pesquisa de campo junto a profissionais especializados em lesões nos membros inferiores. Os resultados apresentados destacam a aplicação de tecnologia de comando numérico fazendo com que o modelo funcional proposto opere de maneira flexível, fornecendo inúmeras possibilidades de programação por parte do usuário.

Palavras chaves: Tecnologia, Fisioterapia, Ergonomia, C.P.M.

## **ABSTRACT**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Universidade Federal de Santa Maria

### **DEVELOPMENT OF A PROGRAMMABLE CONTINUOUS PASSIVE MOTION DEVICE FOR LOWER MEMBERS**

AUTOR: DANIEL QUINTANA SPERB  
ORIENTADOR: ALEXANDRE DIAS DA SILVA  
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 10 de Novembro de 2006

This research presents the project of a programmable continuous passive motion device (CPM) for lower members, this equipment is known worldwide by the abbreviation C.P.M, which in the English language stands for continuous passive motion. The C.P.M devices allow the mobilization of articular segments on upper or lower members such as ankles, knees and hips, immediately after the surgery, making available the maintenance of the tissues that surround the articulation. The C.P.M that exist on the market are pre-programmed, that is, they do not offer flexible programming possibilities. Besides displaying the motivations referring to the theme of the research, as well as its application, this project also displays a literature review composed by foundations in the areas of physiotherapy, project, technology followed by a field research conducted aiming towards professionals specialized in injuries on lower members. The presented results show the application of numeric command technology making possible that the proposed functional model operates in a flexible way, providing countless programming possibilities to the user.

Keywords: Technology, Physiotherapy, Ergonomics, C.P.M

### **1.1 A demanda do Dispositivo de C.P.M.**

Esta pesquisa apresenta a proposta de um dispositivo programável de movimento passivo contínuo para membros inferiores assistido por computador, utilizando técnicas de automação flexível por meio da aplicação de tecnologia de máquinas de comando numérico (CNC). Este equipamento é mundialmente conhecido pela sigla C. P. M., que na língua inglesa significa *continuous passive motion*, ou seja, mobilização passiva contínua.

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

O princípio é que os ossos, a cartilagem, e os ligamentos retornem ao seu estado natural 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 às taxas de importação, 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 Programável 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 Carazzato et al (1992), verificou-se 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, fato este que confirma a importância da presente pesquisa abordar, além de questões pertinentes a fisioterapia e a aplicação de tecnologias automatizadas, questões referentes ao design, uma vez que este trabalho apresenta uma proposta pouco explorada no campo da fisioterapia com referência a equipamentos automatizados.

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, até o citado ano, estavam sendo usados em mais de 15.000 hospitais em torno de 50 países estimando-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.

Inicialmente, Salter desenvolveu sua pesquisa baseada em articulações de animais. Após os primeiros oito anos de pesquisa em laboratório, nos anos oitenta, o médico obteve contribuições para projetar dispositivos passivos contínuos motorizados para várias junções dos pacientes.

Johnson e Eastwood (1992) comprovaram a eficácia do movimento passivo contínuo na restauração da amplitude de movimento. Foram comparados os resultados de um grupo de pacientes que realizou o movimento passivo contínuo nos primeiros sete dias do pós-operatório, com um grupo em que os pacientes foram imobilizados no joelho por sete dias do pós-operatório. Verificaram que a amplitude de movimento alcançada pelo primeiro grupo foi maior que a do grupo imobilizado, tanto no pós-operatório quanto no tardio.

A amplitude de movimento após o 12º mês pós-operatório foi de cerca de 105º para o grupo do movimento passivo contínuo, contra 93º para o grupo imobilizado. Segundo os autores, além da melhora na amplitude de movimento, os pacientes que receberam movimento passivo contínuo também tiveram alta mais precoce (15 dias de internação para o grupo de movimento passivo contínuo contra 20 dias para o grupo imobilizado) e melhor drenagem de sangue na articulação.

McInnes et al (1992), compararam o uso de movimento passivo contínuo associado a programa de reabilitação básica e também verificaram melhor amplitude de movimento no grupo de movimento passivo contínuo, no sétimo dia pós-operatório, e melhora no edema, além de evitar o uso de manipulação cirúrgica (nenhum paciente que realizou movimento passivo contínuo necessitou de manipulação, ao passo que oito que não o realizaram se submeteram a manipulação).

O movimento passivo contínuo é um assunto que não despertou a atenção dos projetistas brasileiros, fato este comprovado pela presente pesquisa, pois não foram encontrados registros de empresas nacionais que produzem equipamentos desta natureza.

Os dispositivos de C.P.M. existentes no mercado são importados, fato este que resulta em um custo final muito alto, proporcionando a uma porcentagem muito pequena de pessoas o acesso a este tipo de equipamento.

A evolução do C.P.M. fez com que estes dispositivos ficassem mais compactos, eficientes e automáticos. Porém, esta automação é limitada e não permite uma programação mais detalhada e flexível direcionada aos diferentes níveis de lesões articulares.

## 1.2 Questão da pesquisa

A questão evidenciada pela presente pesquisa aborda uma necessidade fisioterapêutica e uma possibilidade de aplicação de princípios tecnológicos que objetivam propor melhorias na aplicação da técnica do movimento passivo contínuo.

A relação entre a necessidade de otimização de um procedimento fisioterapêutico e aplicação de tecnologias perpassa por ciências como o design e a ergonomia, pois além do presente projeto tratar do desenvolvimento de um produto inédito no mercado, fato este que traz consigo a temática da potencialidade comercial do mesmo, também trata da aplicação de procedimentos ergonômicos, pois apresenta uma metodologia de projeto alicerçada pela aplicação de tecnologias em prol de melhoramentos na interação do homem com a máquina.

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.

Na presente pesquisa, a ergonomia representa a interface entre e a fisioterapia e o design por meio da aplicação de fundamentos tecnológicos.

Segundo Soares (1998), a ergonomia é uma tecnologia apoiada por dados científicos, que na presente abordagem, está ancorada na demanda fisioterapêutica que forneceu subsídios de projeto para que os fundamentos tecnológicos fossem empregados com o objetivo de criar novos e aperfeiçoados produtos para o uso de pessoas e proporcionar sucesso comercial do mesmo.

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.

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.

Após os esclarecimentos acima, pode-se constatar que, ao propor um dispositivo programável de movimento passivo contínuo para membros inferiores, com base em conhecimentos tecnológicos, fisioterapêuticos e projetuais (design e ergonomia), a presente pesquisa estará contribuindo de maneira considerável no 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, assim como exemplifica a Figura 1.



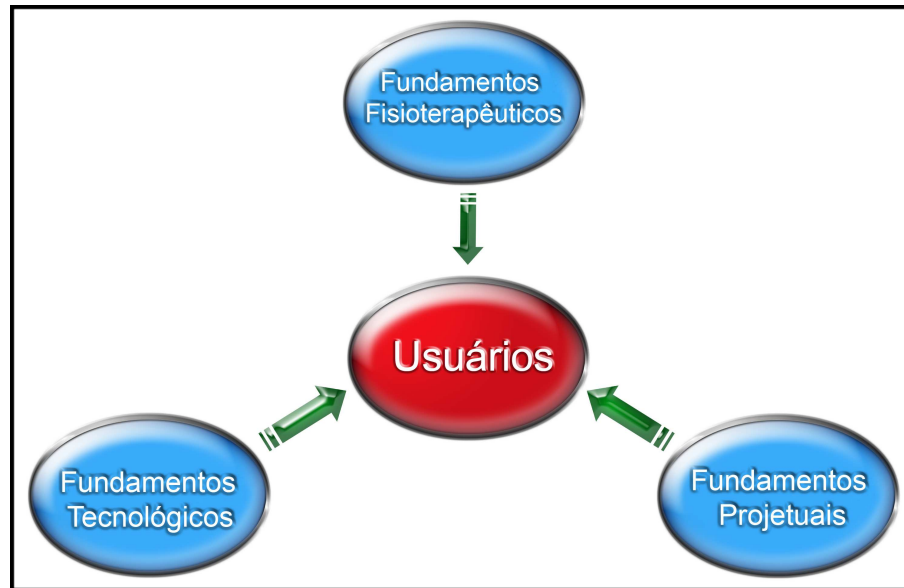


Figura 1 – Interdisciplinaridade imposta pela pesquisa

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1. Objetivo Geral.

Propor um dispositivo de movimento passivo contínuo para os membros inferiores que opere segundo princípios de automação flexível.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos.

- Evidenciar demanda de projeto com fisioterapeutas usuários do C.P.M.
- Pesquisar os dispositivos de movimento passivo contínuo existentes no mercado.
- Implementar programa computacional de controle de operação do equipamento com base em tecnologia de programação de máquinas CNC.
- Construir modelo funcional com intuito de validar sua interface com o software

#### 1.4 Descrição dos Métodos

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 aplicar técnicas de funcionamento de máquinas de comando numérico no equipamento em questão. As máquinas de comando numérico operam por meio de um sistema denominado CNC (*Computer Numeric Control*) que significa Controle Numérico Computadorizado. Este equipamento permite o controle simultâneo de vários eixos, através de uma lista de movimentos escritos num código específico.

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: Identificar demanda por meio de pesquisa de campo com equipes 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: Definir a motorização e o 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 apresentadas pela pesquisa, bem como promover novas possibilidades referentes ao monitoramento e avaliação do desempenho do produto em três esferas interligadas, produto, usuário direto (fisioterapeuta) e usuário indireto (paciente).
- Fase 5: Realizar projeto detalhado do modelo funcional com o intuito de validar sua interface com o software de gerenciamento de funções.

## 1.5 Estrutura da Dissertação

A dissertação está estruturada em quatro capítulos, descritos a seguir.

**Capítulo 1:** Este que se apresenta, são destacadas as motivações referentes ao tema de pesquisa bem como a aplicação da mesma, a questão da pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos e a metodologia adotada.

**Capítulo 2:** Exposição do desenvolvimento, composto por fundamentos fisioterapêuticos, fundamentos tecnológicos e fundamentos projetuais, este último, apresentando a ótica do design e suas principais potencialidades. Este capítulo tem por objetivo fornecer suporte teórico na elaboração dos requisitos de projeto.

**Capítulo 3:** Apresenta-se a aplicação da metodologia projetual composta pela pesquisa de campo, pelas análises de exemplares existentes no mercado, análise da tarefa, mapeamento funcional, projeto do programa de controle e projeto do modelo funcional.

**Capítulo 4:** Apresenta os resultados e testes de funcionamento do programa de controle e do modelo funcional, bem como simulações gráficas de um futuro programa de controle, bem como de um futuro protótipo.

**Capítulo 5:** Constam as considerações finais da dissertação e as recomendações para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO II

### Revisão de Literatura

---

A presente revisão de literatura aborda questões pertinentes as três áreas que forneceram embasamento teórico e prático para a elaboração da pesquisa, são elas: Área fisioterapêutica, área tecnológica e área projetual, esta última englobando princípios provenientes da ergonomia, por se tratar da otimização de um procedimento fisioterápico e do *design*, por se tratar de uma proposta pouco explorada no mercado.

O item referente aos Fundamentos Fisioterapêuticos representa a justificativa da demanda sob a ótica da aplicação específica de técnicas oscilatórias de mobilização articular, fato este que fornece o aporte necessário para a pesquisa.

Já os Fundamentos Tecnológicos, abordam conhecimentos referentes a tecnologia de comando numérico computadorizado visando sua aplicabilidade no processo de melhoria do trabalho do Fisioterapeuta.

Finalizando o presente Capítulo, os Fundamentos Projetuais abordam questões provenientes das áreas do design e da ergonomia, ao ponto que o design justifica sua importância na pesquisa pelo fato de fornecer conhecimentos metodológicos projetuais que auxiliaram em todo processo de pesquisa.

Quanto a abordagem da ergonomia, esta pode ser justificada não só pela aplicabilidade de dados antropométricos na elaboração do modelo funcional ou pela abordagem ergonômica cognitiva na proposta de representação gráfica da interface, mas pelo fato da pesquisa como um todo representar uma proposta de melhoria em um trabalho manual e impreciso em um trabalho preciso e controlado por computador.

## 2.1 Fundamentos Fisioterapêuticos

Este item irá apresentar as definições da fisioterapia, bem como a elucidação de sua origem e as patologias mapeadas como requisitos de projeto para atender ao objetivo proposto.

### 2.1.1 Definições e Histórico

Segundo o Conselho de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO), a definição de fisioterapia é a seguinte:

“É uma ciência da Saúde que estuda, previne e trata os distúrbios cinéticos funcionais intercorrentes em órgãos e sistemas do corpo humano, gerados por alterações genéticas, por traumas e por doenças adquiridas. Fundamenta suas ações em mecanismos terapêuticos próprios, sistematizados pelos estudos da Biologia, das ciências morfológicas, das ciências fisiológicas, das patologias, da bioquímica, da biofísica, da biomecânica, da cinesia, da sinergia funcional, e da cinesia patologia de órgãos e sistemas do corpo humano e as disciplinas comportamentais e sociais”.(FONTE: <http://www.coffito.org.br/>)

De modo geral, dicionários de língua portuguesa definem a *fisioterapia* (do grego *phýsis*, natureza) como *tratamento* de doenças mediante massagens, exercícios físicos, aplicações de luz, calor, eletricidade e utilização de aparelhos mecânicos, elétricos e eletrônicos. E, pela mesma origem definem *terapia* (*therapeía*) como "método de *tratar* doenças e distúrbios da saúde, tratamento de saúde".

### 2.1.2 Mobilização articular

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).

Segundo Kisner (1992), os objetivos e os efeitos da mobilização articular são:

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

Os efeitos da Mobilização Articular são:

- Estimular a atividade biológica movimentando o líquido sinovial (líquido articular) que traz nutrientes para cartilagem avascular (sem vasos) das superfícies articulares e fibrocartilagens intra-articulares dos meniscos. A atrofia da cartilagem já se inicia após o começo da imobilização. Através de uma mobilização leve e de pequena amplitude previnem os efeitos degenerativos e dolorosos da estase quando uma articulação está edemaciada e dolorida, o que dificulta o movimento articular ao longo da amplitude.
- Manter a extensibilidade e força de tensão nos tecidos articulares e periarticulares. A articulação estando imobilizada ocorre uma proliferação fibroadiposa, provocando adesões interfibrilares (entre fibras), assim como alterações bioquímicas em tendões, e no sistema cápsuloligamentar (tecido), o que gera encurtamento e enfraquecimento destes tecidos.
- Possibilitar Impulsos nervosos aferentes de receptores articulares (mecanorreceptores – receptores de movimentos) transmitem informações para o sistema nervoso central e assim provém à percepção de posição e movimento, bem como podem inibir a transmissão de estímulos nociceptivos (dor) ao nível da medula espinhal e tronco cerebral.

Conforme Kisner (1992), as indicações e contra indicações da Mobilização Articular, bem como as técnicas de mobilização oscilatória graduada são:

### **2.1.3 Indicações da Mobilização Articular**

A mobilização articular é indicada para casos de dor, espasmo muscular e hipomobilidade articular reversível.

No caso de fratura extra e intrarticulares, artroplastias (próteses), meniscectomias (retirada do menisco), contraturas, lacerações de tendões, reparo osteocondral, ligamentos: LCA (ligamento cruzado anterior), LCP (ligamento cruzado posterior), LCM (ligamento colateral medial), LCL (ligamento colateral lateral), se faz necessário o reparo cirúrgico.

### **2.1.4 Contra-indicações da Mobilização Articular**

Não se indica a mobilização articular nos casos de Inflamação, fratura não-consolidada, dor excessiva, doença óssea detectável ao Raio X, malignidade, overstress dos tecidos reparados, terapia anticoagulante associada a Hemofílicos.

### **2.1.5 Técnicas de Mobilização Oscilatória Graduada**

Conforme Magee (1987), as técnicas de oscilação graduada representam os diferentes graus dos procedimentos fisioterapêuticos adotados.

- Grau 1: são realizadas oscilações rítmicas de pequena amplitude no início da amplitude de movimento.

Grau 2: oscilações de grande amplitude dentro da amplitude existente, não atingindo o limite.

A Figura 2 ilustra, além do uso de um C.P.M, um movimento de Grau 2, por meio de um gráfico que objetiva o ganho de mobilidade oscilatório. A oscilação de Grau 2 representa uma amplitude alta, porém sem atingir o limite máximo de flexão.

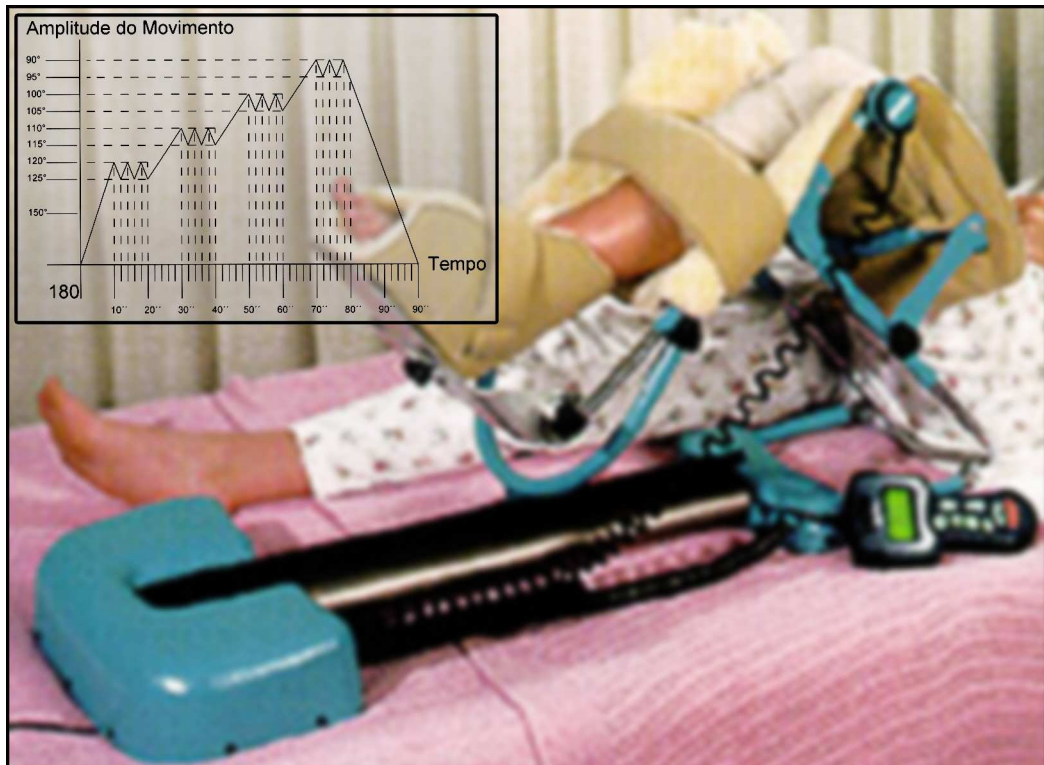


Figura 2 – Uso C.P.M / Gráfico de Oscilação de Grau 1. (Fonte: <http://www.sportstek.net/qcpmo.html>)

- Grau 3: oscilações rítmicas de grande amplitude até o limite da mobilidade existente e forçadas na resistência do tecido.
- Grau 4: oscilações rítmicas de pequena amplitude no limite da mobilidade existente e forçadas na resistência do tecido.

Os graus 1 e 2 são utilizados para tratar articulações limitadas pela dor. As oscilações podem ter efeito inibitório na percepção de estímulos nociceptivos (estímulos dolorosos) pela estimulação repetitiva dos mecanorreceptores que bloqueiam as vias nociceptiva ao nível da medula espinhal e tronco cerebral.

Esses movimentos ajudam a movimentar o líquido sinovial, melhorando a nutrição da cartilagem.

Os graus 3 e 4 são utilizados como manobras de alongamento.

As oscilações podem ser feitas com o uso de técnicas de movimentos fisiológicos (osteocinemática – movimento dos ossos) ou mobilização intrarticular (artrocinemática – movimento articular) (KISNER, 1992).



## 2.2 Fundamentos Tecnológicos

Antes abordar o significado da aplicação dos fundamentos tecnológicos na presente pesquisa, se faz necessário compreender algumas terminologias que serão muito usadas ao longo da pesquisa.

### 2.2.1 Definições e Histórico

A palavra tecnologia vem do Grego *technologia* < *téchne*, arte + *lógos*, tratado, é a teoria geral, os estudos especializados sobre os procedimentos, instrumentos e objetos próprios de qualquer técnica, arte ou ofício; técnica moderna e sofisticada; linguagem específica de uma arte ou ciência. (AURÉLIO, 1996)

A tecnologia pode ser definida como o conjunto de conhecimentos práticos e teóricos, habilidades e análises que possibilitam o desenvolvimento de produtos e serviços, à vista de sua produção e comercialização. Materializa-se em processos, equipamentos, ferramentas e materiais (GÜELL e VILA, 2001).

Ao analisar o conceito de tecnologia, pode-se concluir que o homem vem fazendo uso desta ciência desde que começou a produzir ferramentas de caça e de proteção por meio de recursos naturais.

Nos dias atuais, dentre as ferramentas mais sofisticadas, não estão apenas as plataformas computacionais, os dispositivos de telecomunicações, motores de passo e tantos outros adventos tecnológicos, estão máquinas simples como a alavanca (300 anos antes de cristo), o parafuso (400 anos antes de Cristo) e a polia, sendo que as máquinas aumentam em complexidade na mesma proporção em que o conhecimento científico se expande.

As áreas da informática e da engenharia tem sido foco constante do pioneirismo dos aplicativos tecnológicos, pois assim como no ramo militar, as pesquisas trazem consigo grande aplicabilidade e importância para estes setores, fato este que coloca o público em geral em segundo plano com relação ao uso destas tecnologias, muitas vezes onerosas. (LÉVY, 1999).

Já o termo informação pode assumir muitos significados dependendo do contexto, mas como regra geral está relacionado com alguns conceitos como ato ou efeito de informar ou informar-se; comunicação; indagação, devassa; conjunto de conhecimentos sobre alguém ou alguma coisa; através de palavras, sons ou imagens; elemento de conhecimento susceptível de ser transmitido e conservado graças a um suporte e um código. (AURÉLIO, 1996)

A presente pesquisa fez uso dos conceitos de tecnologia e informação citados acima para propor a validação de produto programável que, por meio de fundamentos tecnológicos, visa significativa contribuição na área fisioterapêutica, bem como evidencia novas possibilidades comerciais com referencia a inovação de um produto.

A possibilidade de controlar equipamentos por meio do computador fornece inúmeras potencialidades, como, por exemplo, criar banco de dados com base em desempenho de pacientes e futuras avaliações das técnicas aplicadas.

### **2.2.2 O Uso da Programação**

A programação é um conjunto concreto de instruções para um computador desempenhar. O programa é escrito numa linguagem de programação, sendo que diferentes partes de um programa podem ser escritas em diferentes linguagens e estas por sua vez, funcionam de diferentes modos. Por esse motivo, os programadores podem criar programas muito diferentes para diferentes linguagens; muito embora, teoricamente, a maioria das linguagens possa ser usada para criar qualquer programa.

Uma linguagem permite que um programador especifique precisamente sobre quais dados um computador vai atuar, como estes dados serão armazenados ou transmitidos e quais ações devem ser tomadas sob várias circunstâncias. (ALVES, 2000).

O conjunto de palavras, compostos de acordo com essas regras, constitui o código fonte de um software. Esse código fonte é depois traduzido para código de máquina, que é executado pelo processador. (CASTELLTORT, 1988).

### **2.2.3 O Uso do Princípio do Comando Numérico**

Para a presente pesquisa, se fez necessário o uso de um equipamento que tivesse as características operacionais de uma máquina de comando numérico que é representada pela sigla CNC, que são as iniciais do termo inglês *Computer Numeric Control* ou em português, *Controle Numérico Computadorizado*.

CNC é um controlador numérico que permite o controle de máquinas, possibilitando o controle simultâneo de vários eixos através de uma lista de movimentos que são escritos num código específico (Programa CNC).

Um programa CNC contém códigos G, M e de posicionamento (X, Y, Z, etc), porém, devido a frequência de aplicação do código G, é usual a substituição do nomenclatura programa CNC por Código G.

A introdução do CNC na indústria mudou radicalmente os processos industriais de fabricação. Curvas são facilmente cortadas e usinadas, complexas estruturas com três dimensões tornam-se relativamente fáceis de produzir e o número de passos no processo com intervenção de operadores humanos é drasticamente reduzido. O CNC reduziu também o número de erros humanos, agilizou as linhas de montagens e tornou-as mais flexíveis, pois a mesma linha de montagens pode agora ser adaptada para produzir outro produto num tempo muito mais curto do que com os processos tradicionais de produção.

Com o surgimento do controle numérico foi necessário se desenvolver uma linguagem acessível pelos controles das máquinas e esta deveria ser padronizada para que minimizasse a diferenciação de códigos tão comuns em tecnologias emergentes. Deste modo, a EIA Standards (Associação das Industrias Elétricas dos EUA) e posteriormente e mais em nível mundial a ISO (International Organization for Standardization), adotaram algumas prerrogativas, uma delas a distinção entre código G (general ou preparatory) e código M (miscellaneous). (KLEIN, BROGUEIRA e LOPES, 2004).

O Código G faz com que as máquinas se comportem de uma forma específica quando acionadas, com referência a tempos de pausa, posicionamentos rápidos, interpolações lineares e coordenadas incrementais, já o código M funciona como um dispositivo de finalização ou de iniciação, travando ou destravando determinado mecanismo.

O Quadro 1 evidencia um breve resumo sobre a evolução do comando numérico desde o seu surgimento enquanto que o Quadro 2 exhibe as funções e os códigos adotados para o presente projeto, segundo a descrição da ISO 1056.

Quadro 1 - Resumo da evolução do CNC (Fonte: MACHADO, 1986)

<b>Resumo da evolução do CNC</b>	
1940	Mark I: primeiro computador construído pela Universidade de HARVARD e pela IBM
1949	Contrato da PARSON com a USAF para a fabricação de máquinas de CNC.
1952	Demonstração da viabilidade técnica com protótipo funcionando pelo MIT.
1953	Desenvolvimento do sistema de programação pelo MIT.
1956	Desenvolvimento das bases para a linguagem APT, de programação para CNC através do computador pelo MIT.
1957	Início da comercialização do CNC.
1957	ATA desenvolve a linguagem APT para os computadores IBM.
1959	Primeira máquina com trocador automático de ferramentas IBM-ENDICOTT.
1961	A EIA publica as normas RS 244.
1962	A BENDIX desenvolve o Comando Adaptativo.
1967	Primeiras aplicações do CNC no Brasil.
1970	Aplicação dos primeiros comandos CNC.
1971	Fabricado no Brasil o primeiro torno com CNC pela ROMI, com comando SLO-SYN.
1977	Comandos Numéricos com CNC usando a tecnologia dos microprocessadores.
1980	Sistemas flexíveis de fabricação são aplicados em larga escala.

Quadro 2 – Códigos adotados no projeto com suas respectivas funções

<b>Códigos adotados</b>	
<b>Código</b>	<b>Função</b>
G 00	Posicionamento rápido
G 01	Interpolação linear
G 04	Tempo de pausa
G 91	Sistema de coordenadas incrementais
F	Velocidade de avanço
M 2	Finalização do programa

Trabalhos desenvolvidos no Núcleo de Automação e Processos de Fabricação (NAFA) da Universidade Federal de Santa Maria, local onde foi desenvolvida a presente pesquisa, evidenciam a ampla aplicabilidade de tecnologias CNC, como por exemplo, no desenvolvimento do uso de linguagem estruturada para máquinas de comando numérico (RAIMUNDO, 2002) ou no desenvolvimento de uma ferramenta computacional para acionamento de motores de passo (GOELLNER, 2006).

Devido a suas possibilidades, o princípio do comando numérico é uma ferramenta que pode ser usada não apenas no desenvolvimento de equipamentos programáveis para micro e pequena empresa, como no trabalho proposto por Bandeira (2005), mas também em variadas aplicações, como no processo de ensino ao piano, proposto por Viana (1998).

Os sistemas CAD/CAM geram automaticamente os Programas CNC fazendo a ligação entre o projeto e a fabricação de um produto. O princípio é utilizar as informações provenientes de dados que se localizam em uma ferramenta computacional denominada CAD (*Computer Aided Design*), que significa desenho assistido por computador e processar para os sistemas CAM (*Computer Aided Manufacturing*), que significa manufatura auxiliada por computador.

Estes sistemas consistem em uma série de ferramentas computacionais para construção de entidades geométricas planas (como linhas, curvas, polígonos) ou mesmo objetos tridimensionais (cubos, esferas, etc.).

Também deve haver ferramentas computacionais para relacionar essas entidades ou esses objetos, por exemplo: criar um arredondamento (filete) entre duas linhas ou subtrair as formas de dois objetos tridimensionais para obter um terceiro.

Uma divisão básica entre os *softwares* CAD é feita com base na capacidade do programa em desenhar apenas em 2 dimensões ou criar modelos tridimensionais também, sendo estes últimos subdivididos ainda em relação a que tecnologia usam como modelador 3D. Existem diversos tipos de modelagem 3D, porém, destaca-se a modelagem por polígonos e por NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline), esta última com capacidade de realizar desenhos mais complexos.

Nos *softwares* pode haver opções de uso entre o modelo 3D e o desenho 2D (por exemplo, o desenho 2D pode ser gerado automaticamente a partir do modelo 3D).

Existem poucas ferramentas computacionais livres nessa área, e em muitos aspectos ficam aquém dos *softwares* comerciais. Também costumam demandar *hardware* caro.

#### **2.2.4 O Uso de Motores**

Com base nos objetivos propostos pela presente pesquisa, o princípio do controle numérico computadorizado aliado à programação evidencia a necessidade do uso de motores de transmissão de movimentos, sendo assim, este item irá abordar as características dos principais motores utilizados em conjunto com as tecnologias abordadas, motor de corrente contínua e o motor de passo.

Muitas pesquisas apresentam a utilização de tecnologias provenientes de motores de passo ou de corrente contínua, ou até mesmo ambas em um mesmo projeto, como é o caso de um Sistema Inteligente para o Ensino do Dedilhado Pianístico por meio de mão robótica. Conforme Viana (1998), com o uso do sistema proposto, o aprendizado por parte do aluno se torna mais dinâmico, minimizando a possibilidade de desistência do aluno nos primeiros anos de estudo.

Outra pesquisa, desenvolvida por Cerri (2006), evidenciou a aplicação de motores de passo foi desenvolvida na Universidade de São Paulo (USP) onde esta tecnologia foi aplicada em máquinas distribuidoras de calcário, uma vez que os equipamentos desta natureza disponíveis no mercado distribuem doses constantes de calcário sem levar em consideração a variabilidade espacial existente no terreno, ou seja, se fez necessário o projeto de um sistema que proporcionasse a variabilidade de dosagem conforme a necessidade territorial.

As distribuidoras de calcário convencionais existentes no mercado são projetadas para distribuir o calcário em doses constantes.

Este sistema possibilita a distribuição diferenciada de calcário no solo. Isto é possível porque as coordenadas geográficas da distribuidora de calcário são obtidas através do Sistema de Posicionamento Global Diferencial e, essas coordenadas, juntamente com as informações de velocidade da máquina e um mapa de prescrição da quantidade de calcário para cada ponto da área, são transferidas para um microcomputador que regula automaticamente a máquina, para aplicar a quantidade adequada de calcário que o terreno deve receber. A distribuição deste insumo no solo foi regulada por um dispositivo dosador, controlado por um motor de passo (CERRI, 2006).

O motor de corrente contínua (Figura 3) é uma máquina elétrica capaz de converter energia elétrica em energia mecânica por meio do fornecimento de energia elétrica aos condutores do enrolamento da armadura pela aplicação de uma tensão elétrica em seus terminais pelo anel comutador, fazendo com que se circule uma corrente elétrica nesse enrolamento que produz um campo magnético no enrolamento da armadura.

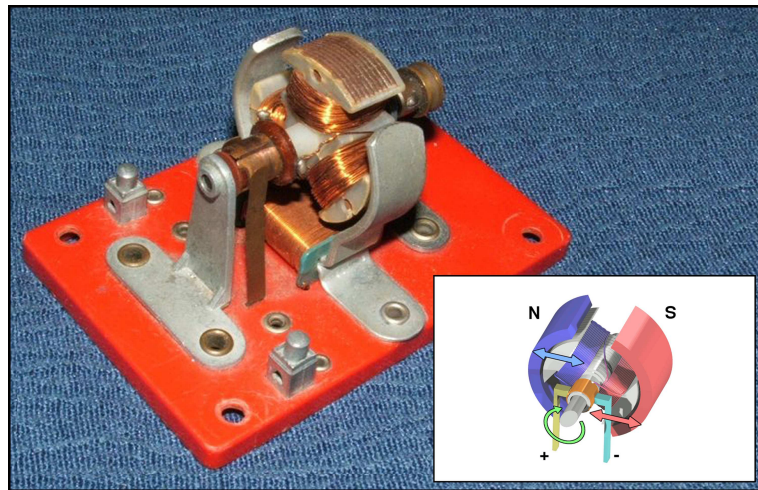


Figura 3 – Motor de Corrente Contínua

Como o corpo do estator (parte estática da máquina) é constituído de materiais ferromagnéticos, ao aplicarmos tensão nos terminais do enrolamento de campo da máquina temos a presença de campos magnéticos no mesmo e, portanto a atuação de pólos magnéticos (Norte e Sul) espalhados por toda a extensão do estator.

Pela atuação do anel comutador que tem como função alternar o sentido de circulação da corrente no enrolamento da armadura, quando aplicamos uma tensão no comutador, com a máquina parada transfere essa tensão ao enrolamento da armadura fazendo com que se circule uma corrente pelo mesmo o que produz um campo magnético.

A orientação desse campo, ou seja, a posição do pólo norte e sul permanece fixa, simultaneamente temos uma tensão elétrica aplicada no enrolamento de campo no estator, assim, ao termos a interação entre os campos magnéticos da armadura no rotor e do campo no estator, os mesmos tentarão se alinhar, ou seja, o pólo norte de um dos campos tentará se aproximar do pólo sul do outro.

Como o eixo da máquina pode girar, caso os campos da armadura e do estator não estejam alinhados, surgirá um binário de forças que produzirá um torque no eixo, fazendo o mesmo rotacionar. Ao rotacionar, o eixo gira o anel comutador que é montado sobre o eixo, e ao girar o anel comutador muda o sentido de aplicação da tensão, o que faz com que a corrente circule no sentido contrário, mudando o sentido do campo magnético produzido.

Assim, ao girar o anel comutador muda a posição dos pólos norte e sul do campo da armadura e como o campo produzido pelo enrolamento de campo no estator fica fixo, temos novamente a produção do binário de forças que mantém a mudança dos pólos e conseqüentemente o movimento do eixo da máquina, porém, a utilização do motor de corrente contínua necessitaria de um sensor de detecção de posição, o que tornaria o sistema mais complexo.

Em um motor de passo, um ímã permanente é controlado por uma série de campos eletromagnéticos que são ativados e desativados eletronicamente. Desse modo, é uma mistura entre um motor de corrente contínua e um solenóide. Motores de passo não usam escovas ou comutadores.

Os motores de passo possuem um número fixo de pólos magnéticos que determinam o número de passos por revolução.

Os motores de passo mais comuns possuem 200 passos completos / revolução, significando que ele leva 200 passos completos para completar uma volta. Controladores avançados de motores de passo podem utilizar modulação de largura de pulso para realizarem micropassos, obtendo uma maior resolução de posição e operação mais macia.

Alguns controladores de micropassos podem aumentar a resolução dos passos de 200 passos / revolução para 50,000 micropassos / revolução.

A Figura 4 exemplifica ao funcionamento do motor primeiramente pelo solenóide do topo (1) que esta ativado, atraindo o dente superior do eixo, após o solenóide do topo (1) é desativado, e o solenóide da direita (2) é ativado, movendo o quarto dente mais próximo à direita. Isto resulta em uma rotação de  $3.6^\circ$ .

Em seguida o solenóide inferior (3) é ativado; outra rotação de  $3.6^\circ$  ocorre e por fim o solenóide à esquerda (4) é ativado, rodando novamente o eixo em  $3.6^\circ$ . Quando o solenóide do topo (1) for ativado novamente, o eixo terá rodado em um dente de posição, como existem 25 dentes, serão necessários 100 passos para uma rotação completa.



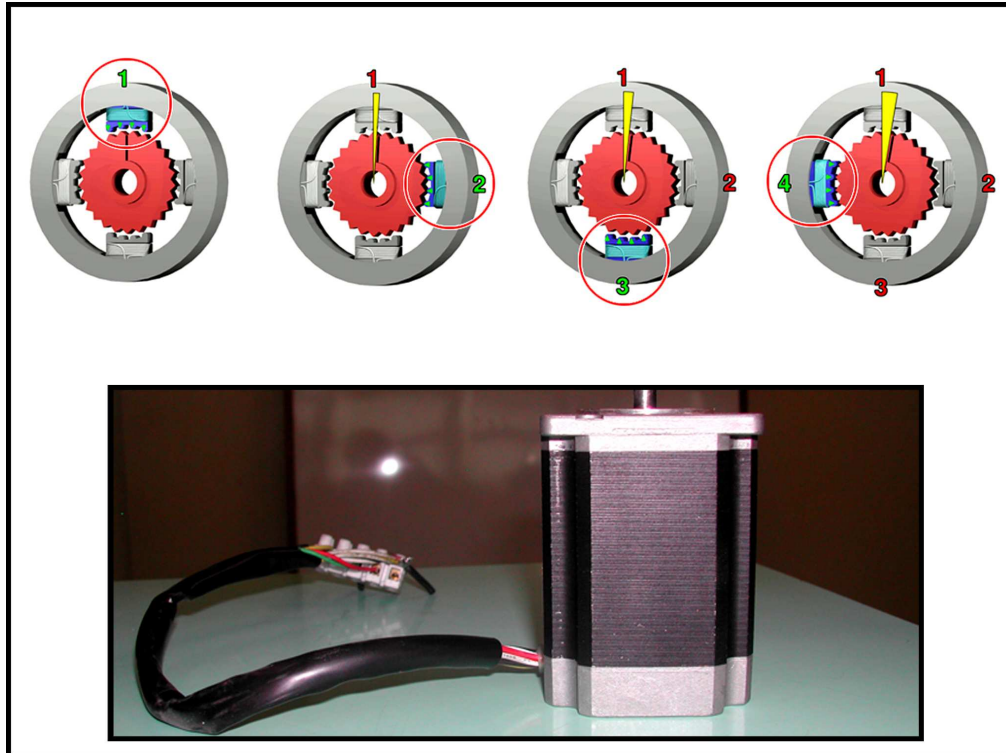


Figura 4 – Motor de Passo

Os motores de passo são classificados pelo torque que produzem. Uma característica única deste tipo de motor é a sua habilidade de poder manter o eixo em uma posição segurando o torque sem estar em movimento. Para atingir todo o seu torque, as bobinas de um motor de passo devem receber toda a sua corrente marcada durante cada passo.

Os controladores de motor de passo devem possuir circuitos reguladores de corrente para poderem fazer isto. A marcação de voltagem (se houver) é praticamente sem utilidade.

O controle computadorizado de motores de passo é uma das formas mais versáteis de sistemas de posicionamento, particularmente quando digitalmente controlado como parte de um servo sistema. Os motores de passo são usados em drives de disquete, scanners planos, impressoras, injeção eletrônica dos automóveis e muitos outros dispositivos.

O presente item abordou, além do detalhamento funcional de motores de passo e de motores de corrente contínua, as diferentes possibilidades de aplicações destes, fato este que condicionou maior compreensão com referência a aplicabilidade destas tecnologias e contribuiu para maturidade projetual da presente pesquisa.

Em resumo, pode-se concluir que o motor de corrente contínua possui um sistema mais complexo de utilização quando se necessita precisão de posicionamento, o que torna o motor de passo o mais indicado para o projeto.

## **2.3 Fundamentos Projetuais**

Antes de apresentar a ótica do design e suas principais potencialidades, se faz necessário definir o termo projeto. A tradução do termo projeto remete a terminologia inglesa *design*, que em qualquer dicionário corresponde às palavras neolatinas *disegno*, *desèn*, *dessin*, *dessina*, *dessiny*, *diseño*, *deseño* e *desenho*. Ou seja, projeto significa reflexão, remete ao processo de pesquisa, investigação e planejamento. (GOMES, 2001)

A característica multidisciplinar de cada projeto requer uma organização metodológica que maximize o sucesso do produto em questão. Para alcançar tal meta, se faz necessário o domínio de metodologias de projeto que contemplem fundamentos ergonômicos, como a análise detalhada da tarefa, ao exemplo desta pesquisa.

### **2.3.1 Definições e Histórico**

Antes de abordar questões referentes à metodologia projetual, deve-se realizar algumas definições da terminologia.

Metodologia. [do gr. *metodos*, 'metodo', + *-log (o)* + *ia*.] S. f.. 1. A arte de dirigir o espírito na investigação da verdade. 2. *Filos*. Estudo dos métodos e especialmente dos métodos da ciência. (AURÉLIO, 1986).

Método. [do gr. *metodos*, 'caminho para chegar a um fim'.] S. m. 1. Caminho pelo qual se atinge um objetivo. 2. Programa que regula previamente uma série de operações que se devem realizar, apontando erros evitáveis em vista de um resultado determinado (esperado). 4. Modo de proceder; maneira de agir; meio. (AURÉLIO, 1986).

No sentido literal, metodologia é a ciência integrada dos métodos. O método é o caminho racional do espírito para descobrir a verdade ou resolver um problema.

Inúmeros são os estudiosos da área de Design que vêm se dedicando ao estudo do tema metodologia de projeto, seja propondo novos enfoques, novos métodos, seja analisando e refletindo sobre as metodologias já propostas.

Um destes estudiosos, Bonsiepe (1983), relata que na década de 60, registrou-se o auge da metodologia projetual, quando interesses anglo-saxão e teutônico se voltaram para esse campo, até então pouco explorado. Esse processo culminou com a academização da metodologia, institucionalizada como disciplina universitária.

A metodologia projetual é constantemente entendida pelos estudantes de design como uma forma de aprisionamento do processo criativo, uma vez que se prega a organização de seqüências de métodos. Porém, a metodologia de projeto nada mais é que uma técnica de minimização da margem de erro de um projeto, pois independente da metodologia adotada, sempre existirá uma estrutura básica que compreende o processo de pesquisa e o processo de uso desta pesquisa em prol da resolução dos problemas evidenciados.

As reflexões acerca do processo projetual constituem, segundo BONSIEPE (1983), uma operação estruturalista dirigida a escavar o esqueleto da atividade projetual. Em termos gerais, trata-se de uma reconstrução estruturalista, onde os componentes analíticos se interpenetram com os componentes normativos. Porém, não se deve confundir o flexível processo de pesquisa focada na resolução de problemas com um processo estático.

É inquestionável a importância dos estudos já realizados sobre métodos projetuais em design, mas ao mesmo tempo, há que se admitir certas omissões metodológicas, ao ponto que, as metodologias propostas nos anos 60 e que são adotadas até os dias de hoje, não deram ênfase especial à contaminação ambiental, ao uso de recursos não renováveis, ao consumo de energia durante o ciclo completo do produto, desde sua fabricação, passando pela etapa de uso, até sua eliminação e eventual reciclagem e, finalmente, ao emprego de mão-de-obra em lugar de bens de capital nem mesmo contemplou em sua estrutura básica princípios de análise ergonômica.

### 2.3.2 O Design na Industria

A criatividade, ainda, é uma das mais misteriosas habilidades humanas. Ela tem merecido atenção de vários tipos de pessoas, desde um simples artesão até grandes cientistas. Alguns psicólogos e filósofos dedicaram suas vidas estudando-a.

Pode-se considerar a criatividade como fator vital para o design em todos os projetos, pois a competição baseada somente nos preços torna-se cada vez mais difícil. É necessário, contudo, introduzir diferenças que os consumidores consigam identificar.

O Design se apresenta em dois segmentos, o projeto de produto e a programação visual, sendo que, muitas vezes, ambas lidam simultaneamente com aspectos físicos e cognitivos dos produtos, auxiliando tanto no projeto de produtos quanto no projeto de interfaces.

É necessária a prática da criatividade em todos os estágios de desenvolvimento de produtos, desde a identificação de uma oportunidade até a engenharia de produção (BAXTER, 1998).

Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) evidencia que 68% das empresas de pequeno porte ampliaram suas vendas após introduzir técnicas de desenho em seu processo de gestão. A mesma pesquisa evidenciou uma queda de 45 % nos custos produtivos de micro-empresas que agregaram valor estético e funcional aos seus produtos. (REVISTA PEGN, 2002)

Segundo Baxter (1998), as empresas podem ser identificadas quanto às suas estratégias de desenvolvimento de produtos (EP's) como:

- Ofensivas - líderes no mercado e inovadoras que, para a geração de produtos desenvolve novos conceitos, materiais e processos, se preocupando também com o design e com a qualidade. Lançam primeiro os produtos e, por isso, se preocupam com suas patentes, garantindo um lucro inicial que permite a compensação dos altos investimentos da pesquisa e do projeto.

- Defensivas - também se utilizam do design e do desenvolvimento de processos para estarem sempre perto da liderança do mercado. Absorvem rapidamente as inovações lançadas pela líder, melhorando seus produtos, implicando menores custos e menores riscos.

- Tradicionais - empresas que se encontram em um mercado estável, onde a demanda não exige grandes inovações, havendo apenas a necessidade de pequenas mudanças que visam à redução de custos, a facilitação da produção ou o aumento da confiabilidade do produto.

- Dependentes - não têm autonomia para lançar seus próprios produtos, dependendo de suas matrizes ou clientes para inovarem, limitando-se às melhorias de processos.

Baxter (1998) afirma que o lançamento contínuo de novos produtos é exigido pela competição globalizada, para não perder mercado para concorrentes mais agressivos. Segundo dados apontados pelo autor, de cada 10 novas idéias, 3 novos produtos serão desenvolvidos mas apenas um será lucrativo.

Conforme Blaich (1989), Design é a ponte que integra pesquisa, engenharia e marketing, devendo estar na liderança deste processo, pensando globalmente e agindo localmente.

Após a revisão literária apresentada reforça o conceito de que é de suma importância zelar pela organização metodológica do design no processo produtivo de uma indústria.

### **2.3.3 Considerações sobre Ergonomia**

Conforme relatado ao início do presente capítulo, a abordagem de questões referentes a ergonomia se justifica com base, principalmente, no mapeamento da demanda proveniente da área fisioterapêutica, da análise da interface do produto com relação ao usuário e por fim pela aplicação de testes por meio de um modelo funcional.

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.

A ergonomia é uma disciplina relativamente recente, com pouco mais de 50 anos. Segundo Sanders e McCormick (1993), a ergonomia remonta ao homem pré-histórico na construção das primeiras ferramentas e utensílios, diversas referências bibliográficas apontam as suas origens como sendo estabelecidas desde a pré-história, a partir, justamente, do design de ferramentas manuais.

Fisher (1991) afirma que, no desempenho destes papéis, os ergonomistas realizam procedimentos apropriados como identificar as necessidades e preferências dos usuários e verificam o quanto tais necessidades e preferências são atendidas pelos produtos no mercado e medir o quanto as necessidades dos usuários são efetivamente atendidas de forma a capacitá-los a fornecer *feedback* nos vários estágios do ciclo de desenvolvimento do produto. Na realidade, é de suma importância saber qual conhecimento é requerido para atender aos requisitos ergonômicos.

Segundo Soares (1998), pode-se considerar que a história da ergonomia refletiu as mudanças e anseios da sociedade e extrapolou o seu campo de interesse para além dos trabalhadores no sistema produtivo para incorporar o usuário comum, o idoso, as crianças e as pessoas com necessidades especiais.

Contudo, concordam Sanders e McCormick (1993), 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 dezenove e início do século vinte.

Antes de dar continuidade às classificações da ergonomia deve-se atentar para o fato de que esta ciência possui característica multidisciplinar e dificilmente um único profissional poderia intervir em determinada situação sem que o processo de pesquisa em ergonomia fosse rigorosamente executado, pois a pesquisa representa um alicerce sólido para o desenvolvimento de qualquer atividade relacionada à intervenção ergonômica.

A complexidade imposta pela variabilidade da natureza de cada intervenção ergonômica reforça a sentença que relata a existência utópica de uma fórmula pronta para determinado projeto e também dificulta qualquer classificação, pois dificilmente encontra-se uma situação a intervenção ergonômica requer apenas uma abordagem quanto às classificações da ergonomia, desta forma, para fins didáticos, pode-se detalhar a classificação relatada acima da seguinte forma:

Segundo a *International Ergonomic Association* (IEA), a ergonomia deve seguir a seguinte classificação: Ergonomia Física, Ergonomia Cognitiva e Ergonomia Organizacional.

- Ergonomia Organizacional - no que concerne à otimização dos sistemas sócio-técnicos, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos.
- Ergonomia Física - no que concerne às características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e bio-mecânica em sua relação à atividade física. Sua aplicação é detectada principalmente nos produtos e nos postos de trabalho relacionados ao homem. A ergonomia física interage com questões ligadas a posturas desfavoráveis, força excessiva demanda em determinadas atividades, movimentos repetitivos e transporte de cargas.
- Ergonomia Cognitiva - no que concerne aos processos mentais, tais como percepção, memória, raciocínio, e resposta motora, conforme afetam interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema.  
A falta de conhecimentos em ergonomia cognitiva resulta em interfaces precárias, pois uma de suas mais importantes aplicações é na interação homem-computador.  
A ergonomia cognitiva é presente tanto na ergonomia física, quanto na ergonomia organizacional, pois diz respeito à maneira como o homem compreende, tanto os produtos, quanto às organizações.  
Em termos cognitivos o ser humano transforma as informações de natureza física em informações de natureza simbólica e a partir desta em ações sobre as interfaces. A ergonomia difere das ciências cognitivas pelo simples fato de não possuir o objetivo de estudar a capacidade e os processos de formação e produção de conhecimento em sistemas em geral, sejam eles naturais ou artificiais, mas sim de alimentar-se de estudos de inteligência natural buscando trazê-los para a tecnologia de interfaces homem-máquina. (VIDAL, 1993). A Figura 5 esquematiza o processo cognitivo.

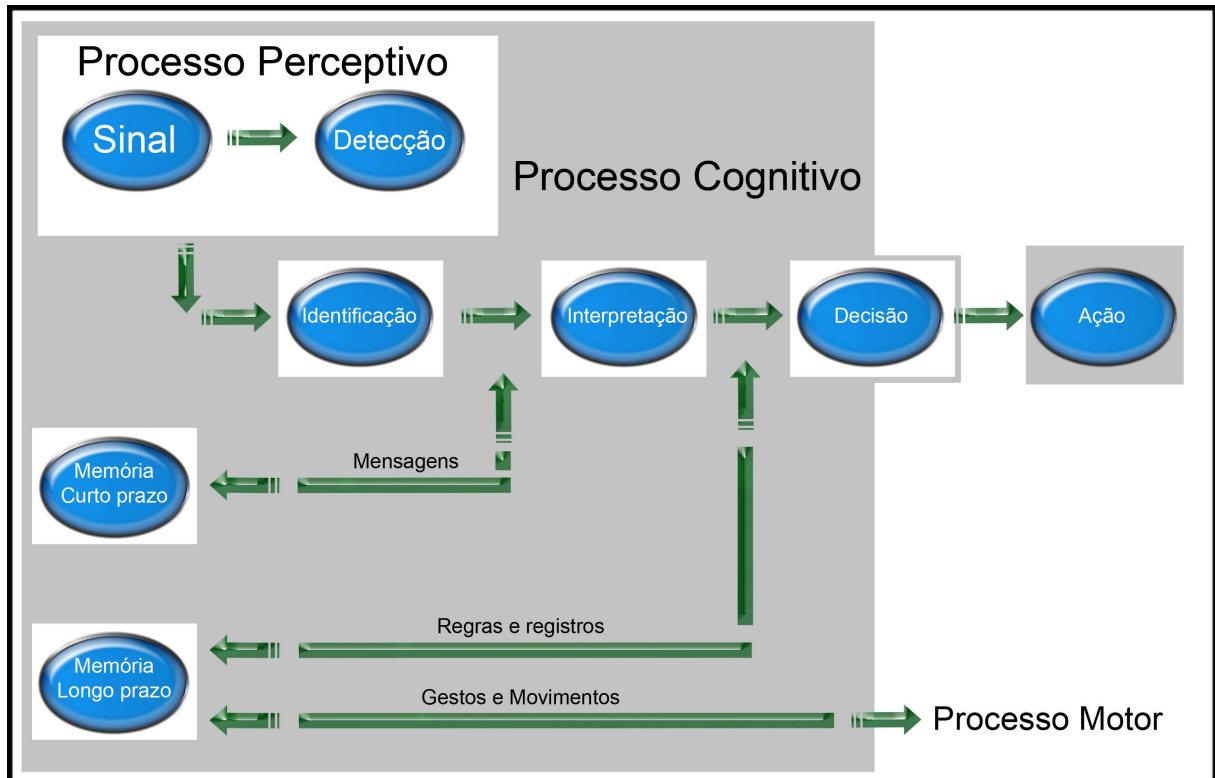


Figura 5 – Processo perceptivo, cognitivo e motor (Gagné, 1966, modificado por Vidal, 2000)

O vasto campo de atuação da ergonomia aliada ao poder de interface entre ciências relacionadas ao homem confere a este campo de atuação, além de produtos e processos, o projeto de ambientes que auxiliem na qualidade de vida do trabalhador, seja qual for a sua atribuição.

Após a apresentação dos dados pertinentes aos fundamentos projetuais, percebe-se a importância, tanto do processo de inovação do produto, quanto no aspecto ergonômico, ao ponto que a metodologia projetual é responsável por organizar as informações de maneira o processo como um todo seja otimizado e potencializado.



### CAPÍTULO III

#### Desenvolvimento

Este item apresenta a aplicação da metodologia projetual, composta pela pesquisa de campo, pelas análises de exemplares existentes no mercado (Análise sincrônica), análise da tarefa (Procedimentos fisioterapêuticos), mapeamento funcional (Delimitação das patologias), projeto do programa de controle (Configuração das ações do software) e projeto do modelo funcional.

A lista de verificação abaixo representa o escopo do projeto norteado pela aplicação de tecnologias no aprimoramento dos dispositivos de CPM. O Quadro 3 indica a classe do problema e a intervenção projetual a ser adotada.

Quadro 3 – Lista de Verificação

<b>Problema</b>	<b>Intervenção Projetual</b>
Como automatizar de maneira flexível os procedimentos fisioterapêuticos?	Utilizar software de gerenciamento de funções (automação flexível) por meio de microcomputador e de circuitos microprocessados.
Como projetar um software que atenda as necessidades fisioterapêuticas?	Fazer com que o software opere de maneira semelhante a uma máquina de comando numérico.
Que tipos de motorizações seriam mais indicados na proposta de transmissão?	Fazer análise potencial dos prováveis motores a serem adotados.
Como validar o software projetado?	Construir um modelo funcional para testes.

### 3.1 Pesquisa de Campo

A demanda apresentada pela presente pesquisa por meio de contatos preliminares com profissionais da área fisioterapêutica foi o ponto de partida para a elaboração deste projeto. Porém, para validar cientificamente esta demanda, se fez necessário à aplicação de um instrumento de pesquisa que comprovasse a verdadeira necessidade de um Dispositivo Programável de Movimento Passivo Contínuo para membros inferiores perante estes profissionais.

A amostra de trinta profissionais foi selecionada com base em fisioterapeutas especialistas associados da Sociedade Nacional de Fisioterapia Esportiva (SONAFE) que possuem experiência em tratamento de lesões no joelho, sendo que estes atuam em diversas localidades do país.

O instrumento de coleta de dados aplicado objetivou a validação da necessidade de um Dispositivo Programável de Movimento Passivo Contínuo para membros inferiores e apresentou dois questionamentos fechados (questão objetiva) e um questionamento aberto (questão subjetiva).

Ao serem questionados sobre a utilização das máquinas de CPM no Brasil, 90 % dos fisioterapeutas afirmam que o produto em questão é pouco utilizado, enquanto 10 % afirmam que o produto não é utilizado, conforme Figura 6.

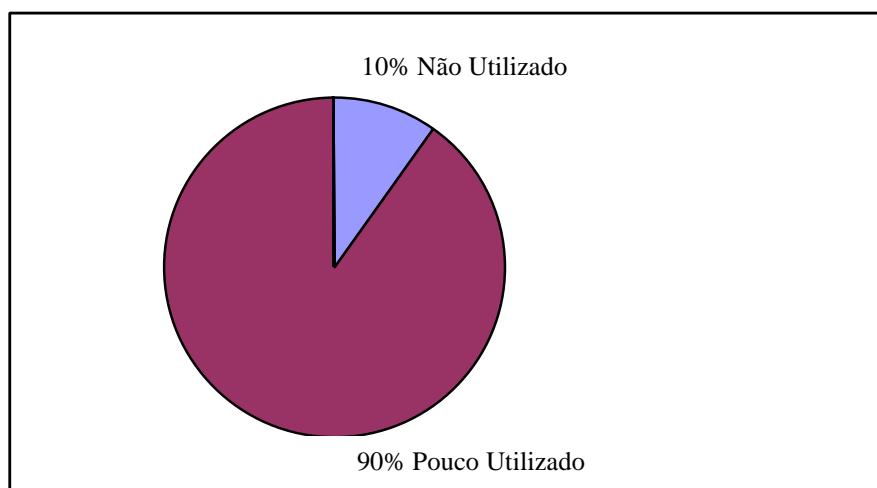


Figura 6 – Questionamento 1 Fechado: Utilização de máquinas de C.P.M no Brasil.

As porcentagens referente ao questionamento referente a necessidade de possuir um equipamento que tivesse alta capacidade de memorização, gerenciando, tempo, pausas e evolução de pacientes por meio de banco de dados evidenciaram que 70% dos profissionais entrevistados acham muito importante, ao ponto que 25 % acham importante e 5% dos fisioterapeutas acham a automação flexível pouco importante, conforme Figura 7.

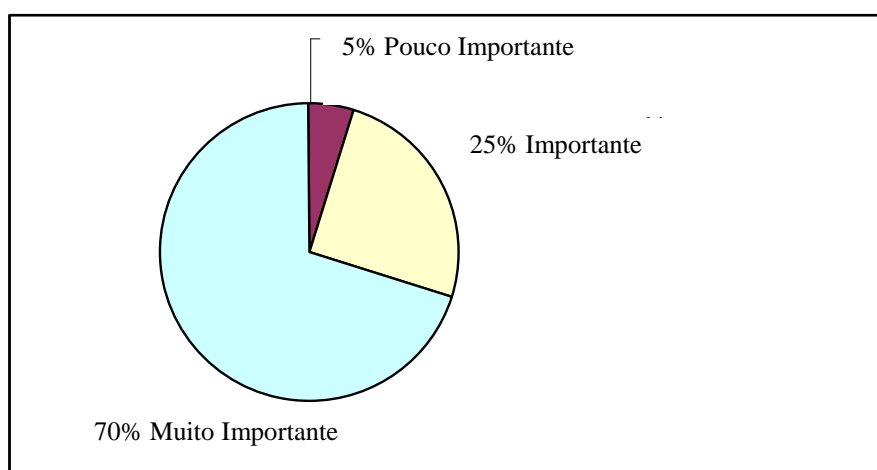


Figura 7 - Questionamento 2 Fechado: Necessidade de Equipamento controlado por computador

A Figura 8 evidencia a porcentagem referente ao questionamento sobre o uso de dispositivos de movimento passivo contínuo e o motivo pelo qual se usa ou não, 10 % das respostas são positivas, afirmando que os profissionais já fizeram uso destes equipamentos e 90 % das respostas evidenciam o quão pouco utilizado é este produto no mercado nacional. (Apêndice C)

As respostas do terceiro questionamento por parte dos profissionais evidenciaram o quão inacessível são estes equipamentos, pois a principal justificativa foi o alto custo devido à taxa de importação do produto.

Além de um questionário comprobatório das necessidades referentes a um dispositivo automatizado se fez necessário conhecer o mercado a qual o produto está inserido. É válido salientar que os equipamentos apresentados na tabela 4 possuem programações limitadas, tendo como base o uso de controles manuais (Figura 9).

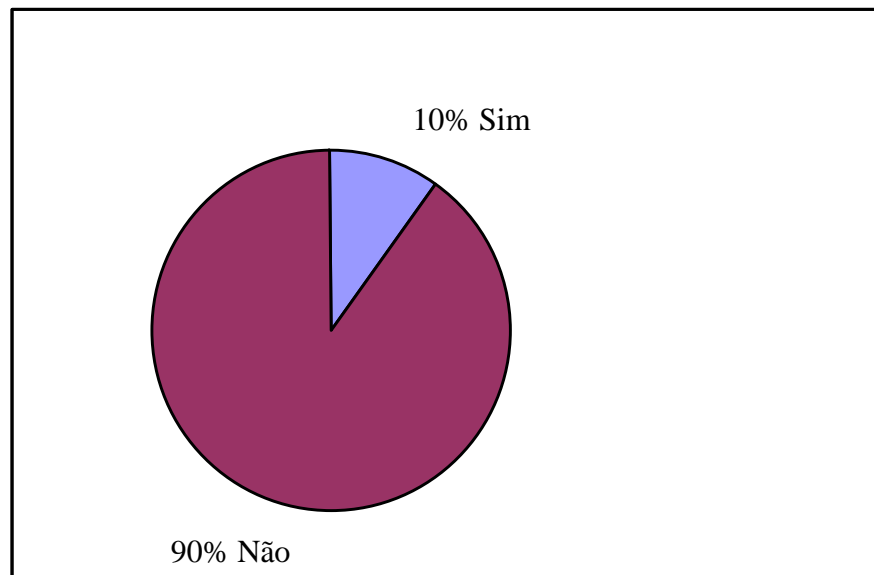

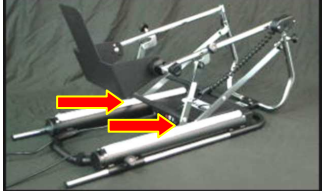




Figura 8 - Questionamento 3 Aberto: Quanto ao motivo pelo qual usa ou não usa máquina de C.P.M

Foram analisados os exemplares de C.P.M. existentes no mercado, porém, esta análise não contou com aprofundamento micro-estrutural e micro-funcional, mas sim com macro-análises, pois a inviabilidade de ter acesso a estes equipamentos importados e onerosos foi a maior dificuldade encontrada em todo processo de pesquisa, uma vez que não foi possível evidenciar nem mesmo suas motorizações e seu sistemas de transmissão de movimentos.

A Análise Sincrônica apresenta, por meio do Quadro 4, equipamentos extraídos de um sitio da rede mundial de computadores pertencente a uma empresa que comercializa diversos modelos de C.P.M. chamada Isokineticsinc Inc. (ISOKINETICSINC, 2004).

Quadro 4 – Análise Sincrônica

Modelos existentes no mercado	Comentários
	<i>Optima Knee CPM Machine</i> - Ponto único de tração. (seta)
	<i>Knee CPM by Mckelor Industries - Phoenix Digital CPM</i> - Ponto duplo de tração. (seta)
	<i>Optiflex Knee CPM</i> - Ponto único de tração. (seta)
	<i>Kinetec Spectra Knee CPM</i> - Ponto único de tração. (seta)
O peso médio dos equipamentos acima é de 13 Kg.	
O valor médio dos equipamentos acima é de \$ 2,300.00 (Aproximadamente R\$ 5.000,00)	
Os exemplares existentes no mercado não possuem capacidade de memorização, ou pré-programação.	

Fonte: Imagens disponibilizadas em: <http://www.isokineticsinc.com>

Em função de possuir características semelhantes a do projeto proposto, a análise funcional foi feita com o *Optiflex 3 Knee CPM* com o objetivo de expor os componentes e suas funções por meio de macro-análise. É válido salientar que este equipamento que possui sua patente sob de domínio de John H. Saringer por meio do número de registro 5252102 dos Estados Unidos com data de edição de 05 de janeiro do ano de 1988 comercializada pela empresa americana Chattanooga Group, não é possui flexibilidade de programação como o proposto na presente pesquisa, conforme exemplifica a Figura 9. (PATENTSTORM, 2006).

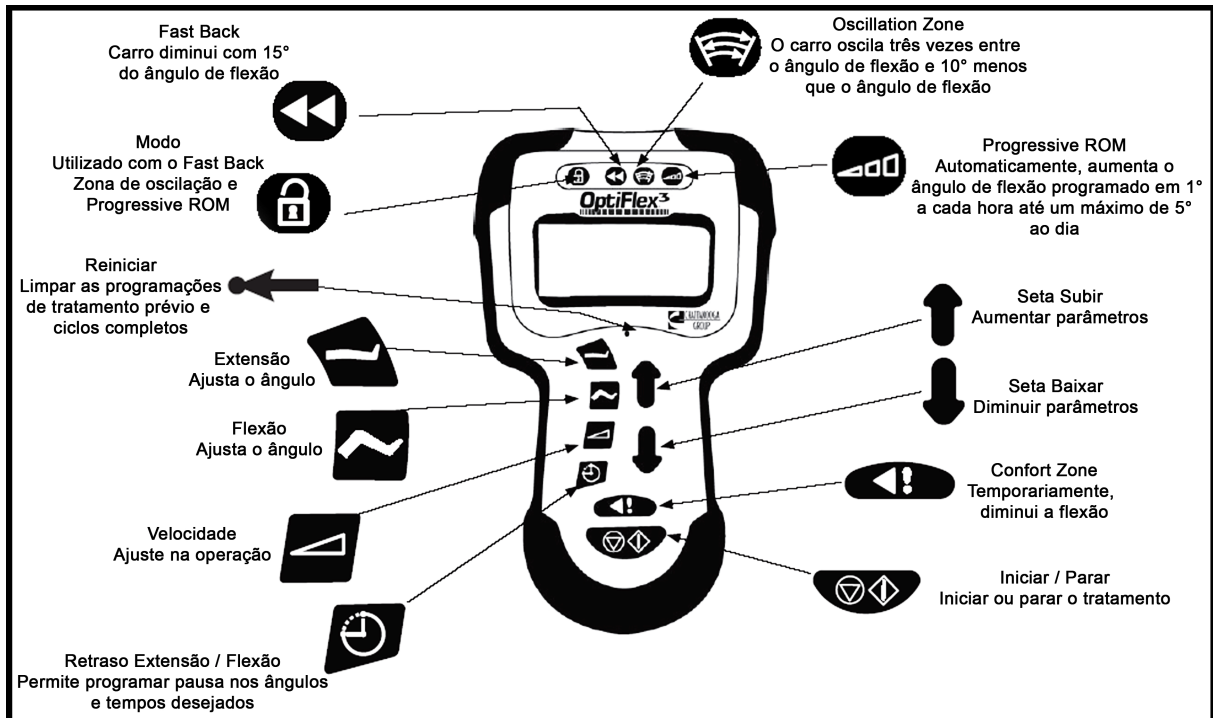


Figura 9 – Análise Funcional – Indicações – Fonte: <http://www.chattgroup.com>

### 3.2 Análise da Tarefa

A análise da tarefa visa detalhar o procedimento fisioterapêutico com o intuito de delimitar o campo de ação projetual. A presente análise teve como fonte de dados pesquisas junto a fisioterapeutas, bem como revisão bibliográfica.

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 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 e gradual, 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 elásticos, 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.

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.

Segundo Salter (1996) 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).

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).

### **3.3 Mapeamento Funcional**

O Mapeamento Funcional teve como referência as técnicas de mobilização oscilatória graduada, descritas no capítulo dois da presente dissertação. Estas técnicas apresentam diferentes graus de oscilação, que nada mais são do que procedimentos fisioterapêuticos que são executados, em sua maioria, manualmente.

Os gráficos descritos das figuras 11 a 20 ilustram as ações pré-definidas da programação descrita no item anterior, foram feitos seis gráficos que representam um número significativo de funções automatizadas (Procedimentos Pré-Definidos), sendo que, estas serão acionadas por meio de um único comando.

É válido salientar que a programação proposta é flexível, ou seja, qualquer gráfico descrito abaixo poderá ser modificado conforme necessidade fisioterapêutica, bem como poderão ser feitos novos gráficos (“Novo Procedimento”), possibilitando assim, ao longo do uso, o armazenamento de programas de aplicação individual, mas que poderão se adequar a novos pacientes conforme a avaliação do fisioterapeuta.

No caso do paciente em questão necessitar do modelo “Procedimentos Pré-Definidos” com pequenas alterações, este não precisará ser configurado em um novo procedimento, mas sim em um “Procedimento Pré-Definido Modificado” com base em procedimento pré-estabelecido, assim como evidencia a Figura 10.

É válido salientar que os Gráficos são adotados de maneira a facilitar a visualização dos procedimentos, principalmente por parte dos fisioterapeutas.



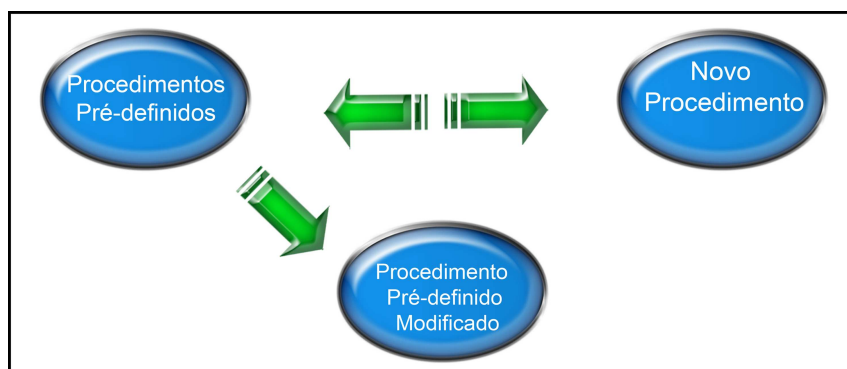


Figura 10 – Organograma da entrada de funções

Os gráficos que serão apresentados a seguir representam ilustrações dos procedimentos de ganho de mobilidade (G.M.) já vistos no item Fundamentos Fisioterapêuticos e têm por objetivo potencializar a visualização das técnicas aplicadas por meio da definição de seis programas de recuperação pré-definidos por equipe de fisioterapeutas, bem como por revisão literária, sendo que o eixo vertical representa a amplitude adotada e o eixo horizontal apresenta o tempo de deslocamento.

Com o objetivo de propor flexibilidade na aplicação, os gráficos apresentados evidenciam duas situações já vistas, uma composta pelo Procedimento Pré-definido (Gráficos com valores determinados) e outra situação composta por Procedimento Pré-definido Modificado (substituição de valores por parâmetros).

O Quadro 5 representa a definição das abreviaturas utilizadas nos gráficos a seguir.

Quadro 5 – Descrição de siglas adotadas

Abreviatura	Definição
Ap	Amplitude
Td	Tempo de deslocamento
Tp	Tempo de parada
Tos	Tempo de oscilação
Nc	Número de ciclos
To	Tempo de oscilação
ApMa	Amplitude Máxima
ApMi	Amplitude Mínima
Tv	Tempo de volta

### Gráficos de Procedimento Pré-definido

O gráfico da Figura 11 representa o padrão de funcionamento das máquinas convencionais de C.P.M. O movimento descrito ilustra uma flexão da perna, partindo dos 180°, até 90° no tempo de 15 segundos, sendo que nos próximos 15 segundos a perna retorna aos 180° realizando a mesma seqüência, ou seja, dois ciclos por minuto. Já na Figura 12, pode-se observar que os valores foram substituídos por parâmetros denominados  $ApMa$  e  $Td$ .

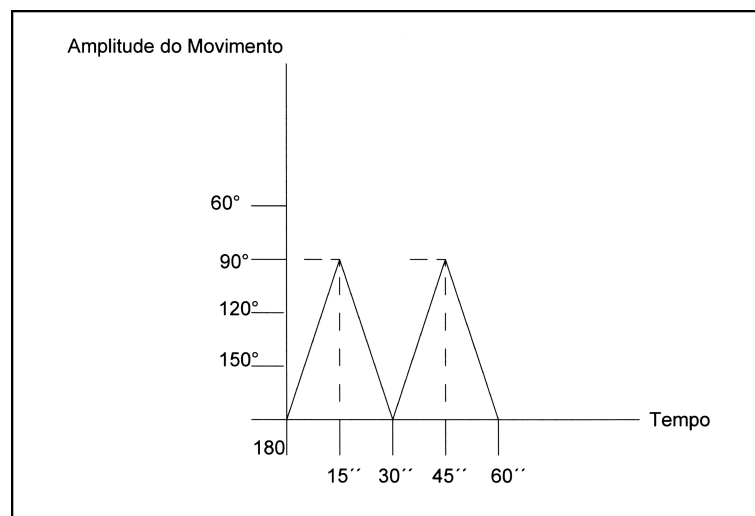


Figura 11 – Gráfico do Programa “1” – Ganho de mobilidade ao arco máximo

### Gráfico de Procedimento Pré-definido Modificado

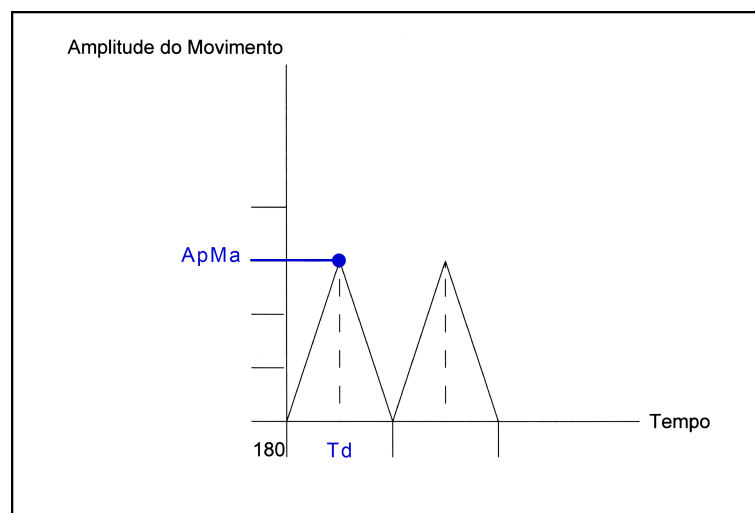


Figura 12 – Gráfico do Programa “1” Modificado - Ganho de mobilidade ao arco máximo

### Gráficos de Procedimento Pré-definido

A figura 13 ilustra um movimento de Grau 2, que objetiva o ganho de mobilidade oscilatório. A oscilação de Grau 2 representa uma amplitude alta, porém sem atingir o limite máximo de flexão. Já na Figura 14, pode-se observar que os valores foram substituídos por parâmetros denominados referentes a amplitudes ( $ApMa$ ,  $ApMi$ ), tempos de deslocamentos ( $Td1$ ,  $Td2$ ,  $Td3$ ,  $Td4$  e  $Tv$ ), tempos de oscilação ( $Tos1$ ,  $Tos2$ ,  $Tos3$ ,  $Tos4$ ), número de ciclos totais ( $Nt$ ) e número de ciclos por minuto ( $Nc$ ).

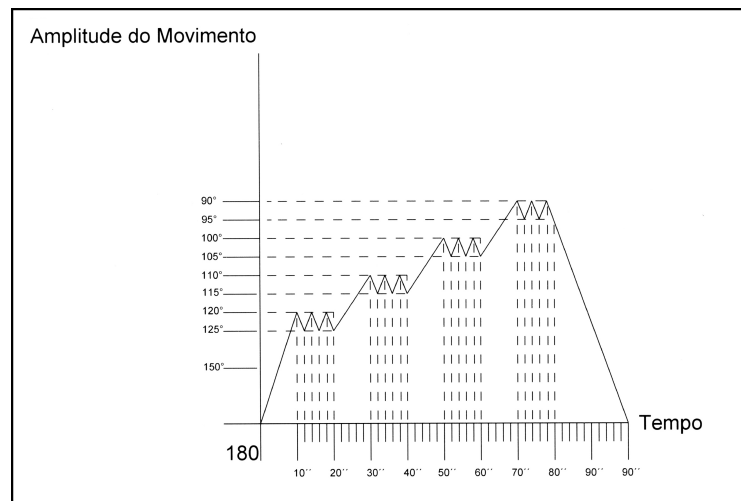


Figura 13 – Gráfico do Programa “2” – Ganho de mobilidade oscilatório

### Gráfico de Procedimento Pré-definido Modificado

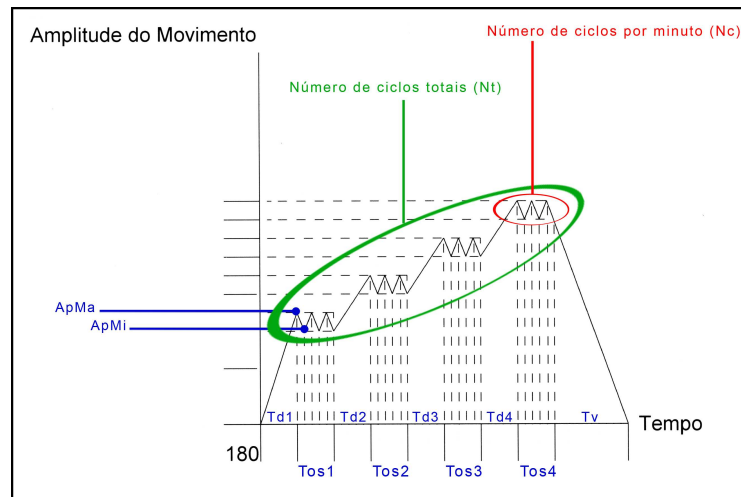


Figura 14 – Gráfico do Programa “2” Modificado – Ganho de mobilidade oscilatório

### Gráficos de Procedimento Pré-definido

O gráfico do programa 3, é utilizado para ganho de mobilidade progressivo com relaxamento, pois possui estágios de decréscimo de amplitude. A Figura 15 exemplifica um movimento de Grau 3, com oscilações rítmicas de grande amplitude até o limite da mobilidade existente e forçadas na resistência do tecido. Com referência ao procedimento modificado, a Figura 16 apresenta os parâmetros de amplitude (Ap1, Ap2, Ap3, Ap4, Ap5, Ap6 e Ap7), bem como os tempos de deslocamentos (Td1, Td2, Td3, Td4, Td5, Td6, Td7 e Td8).

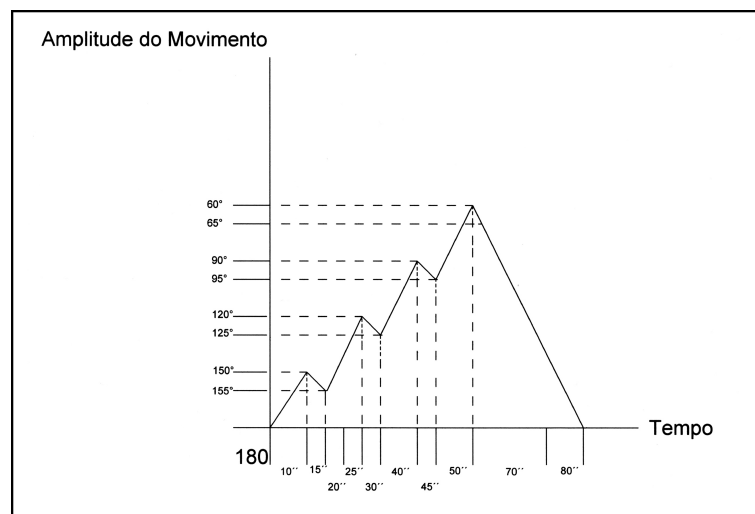


Figura 15 – Gráfico do Programa “3” – Ganho de mobilidade progressivo com relaxamento

### Gráfico de Procedimento Pré-definido Modificado

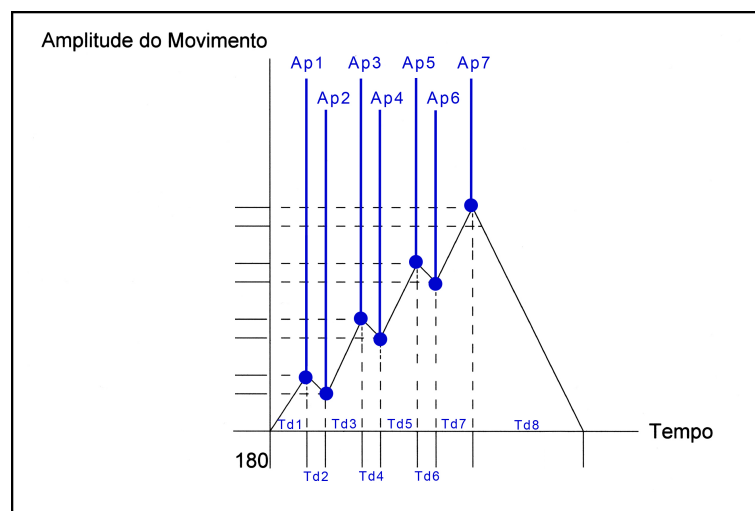


Figura 16 – Gráfico do Programa “3” Modificado – Ganho de mobilidade progressivo com relaxamento

### Gráficos de Procedimento Pré-definido

O gráfico do programa 4 representado na Figura 17 é utilizado para ganho de mobilidade com relaxamento de arco mantido, pois apresenta oscilações rítmicas de pequena amplitude no limite da mobilidade existente e forçadas na resistência do tecido. Já na Figura 18, representando o procedimento modificado, os valores são foram substituídos pelos parâmetros referentes a amplitudes ( $Ap1$  e  $Ap2$ ), tempos de deslocamentos ( $Td$ ), tempos de oscilação ( $To$ ) e número de ciclos por minuto ( $Nc$ ).

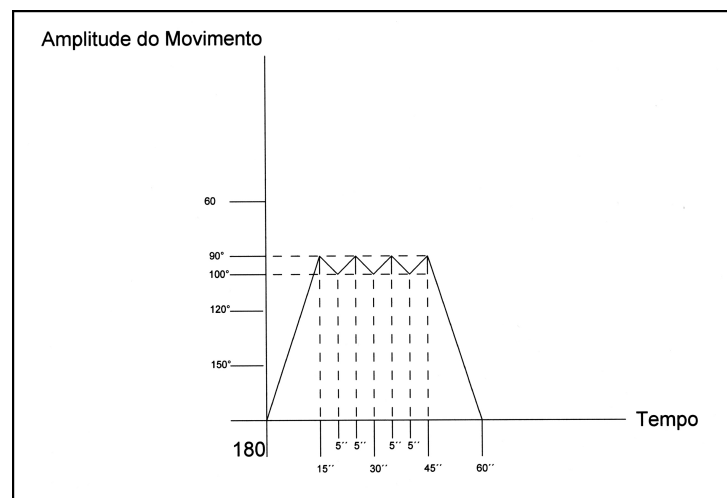


Figura 17 – Gráfico do Programa “4” – Ganho de mobilidade com relaxamento de arco mantido

### Gráfico de Procedimento Pré-definido Modificado

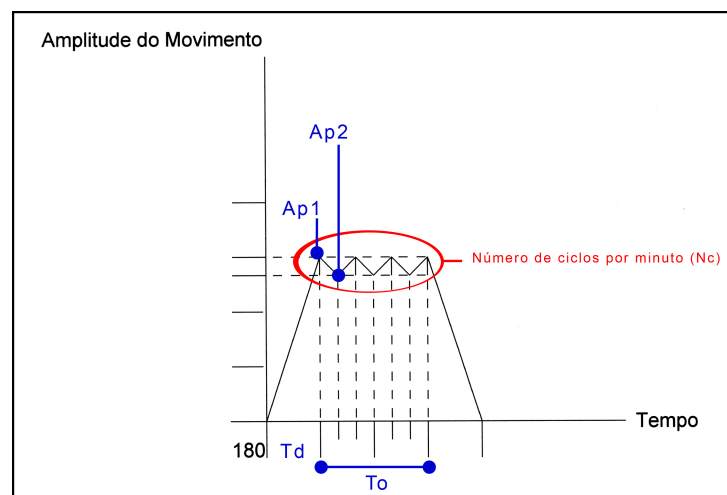


Figura 18 – Gráfico do Programa “4” Modificado – G.M. com relaxamento / arco mantido

### Gráficos de Procedimento Pré-definido

O gráfico da Figura 19 é utilizado para ganho de mobilidade com arco sustentado, pois mantém a amplitude durante períodos de tempo, sustentando a flexão realizada até que esta retorne até o ponto inicial. Já a Figura 20 apresenta o procedimento modificado onde os parâmetros são referentes à Amplitude máxima ( $A_{pMa}$ ), tempo de deslocamento ( $T_d$ ) e tempo de parada ( $T_p$ ).

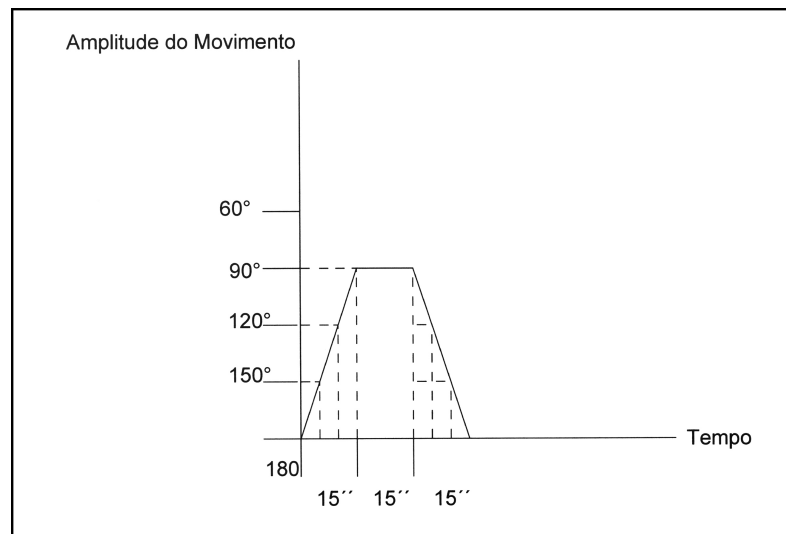


Figura 19 – Gráfico do Programa “5” – Ganho de mobilidade com arco sustentado

### Gráfico de Procedimento Pré-definido Modificado

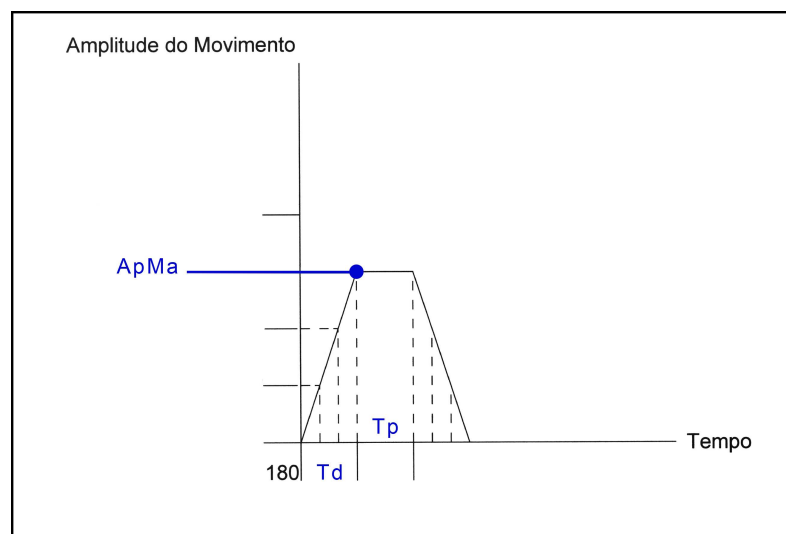


Figura 20 – Gráfico do Programa “5” Modificado – Ganho de mobilidade com arco sustentado

### Gráficos de Procedimento Pré-definido

O gráfico da Figura 21 é utilizado para ganho de mobilidade com arco sustentado progressivo, pois, após cada período de sustentação da amplitude, ocorre uma progressão de amplitude. Após a terceira sustentação, retorna-se ao ponto inicial. Representando o procedimento modificado, a Figura 22 evidencia parâmetros de amplitude ( $Ap_1$ ,  $Ap_2$  e  $Ap_3$ ), tempos de deslocamentos ( $Td_1$ ,  $Td_2$ ,  $Td_3$  e  $Td_4$ ) e tempos de parada ( $Tp_1$ ,  $Tp_2$  e  $Tp_3$ ).

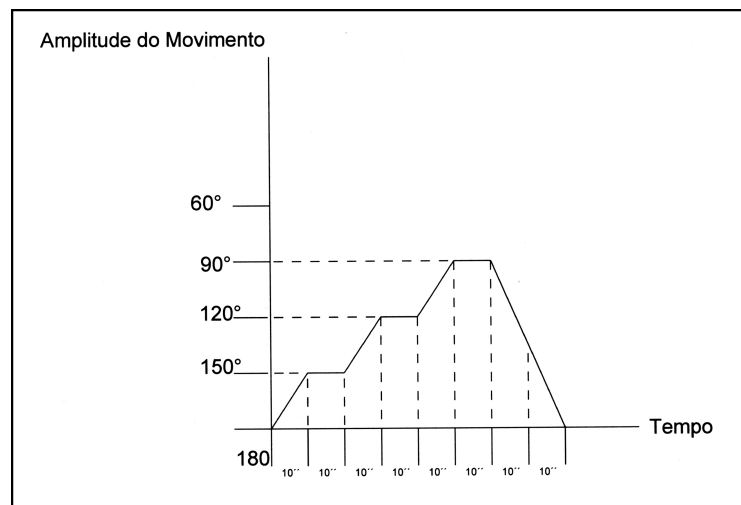


Figura 21 – Gráfico do Programa “6” – Ganho de mobilidade com arco sustentado progressivo

### Gráfico de Procedimento Pré-definido Modificado

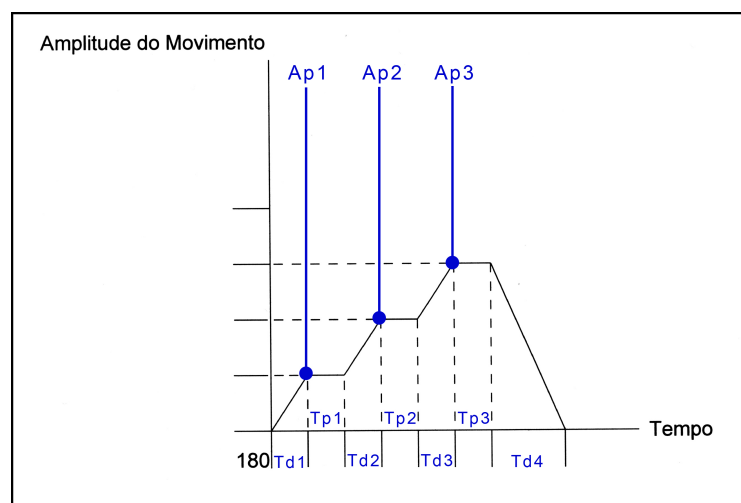


Figura 22 – Gráfico do Programa “6” Modificado – G.M. com arco sustentado progressivo

### **3.4 Construção do Modelo Funcional**

Este item apresenta, além dos desenhos do Modelo Funcional, os registros fotográficos da construção do mesmo para testes do mecanismo adotado. A construção do Modelo Funcional foi dividida em dois sub-tópicos: A) Apresentação do Desenho e B) Montagem do equipamento, sendo que a maior parte das imagens das peças utilizadas na construção do modelo encontram-se nos apêndices do trabalho, assim como os desenhos técnicos.

#### **3.4.1 Transmissão de Movimentos para o Mecanismo**

A Figura 23 apresenta o sistema com dois motores em função do baixo torque dos mesmos. O funcionamento se dá pelo giro do eixo do motor que movimenta um cabo que está afixado em dois pontos nas extremidades das corrediças. Esta alternativa apresenta um sistema diferenciado da opção anterior, pois evidencia aplicações antropométricas que permitem a abrangência do percentil de 5 a 95%. (IIDA, 1990).

Ao girar no sentido anti-horário, o conjunto movimenta-se de maneira que as hastes cheguem ao ângulo de  $180^\circ$  (hastes na posição horizontal) e ao girar no sentido horário, o conjunto chega ao ângulo de  $60^\circ$  (limite máximo de angulação).

As demais imagens que compõe o projeto detalhado do modelo funcional encontram-se nos apêndices do trabalho, porém, é válido salientar que o mecanismo selecionado para produzir o movimento linear foi escolhido com base em sua simplicidade formal, uma vez que o propósito da pesquisa não é apresentar um mecanismo diferenciado de transmissão de movimento, mas sim validar a implementação do programa, fato este que, não impediu que o a proximidade com os aspectos antropométricos dos modelos disponíveis no mercado fossem utilizados no Modelo Funcional, conforme Figura 23.



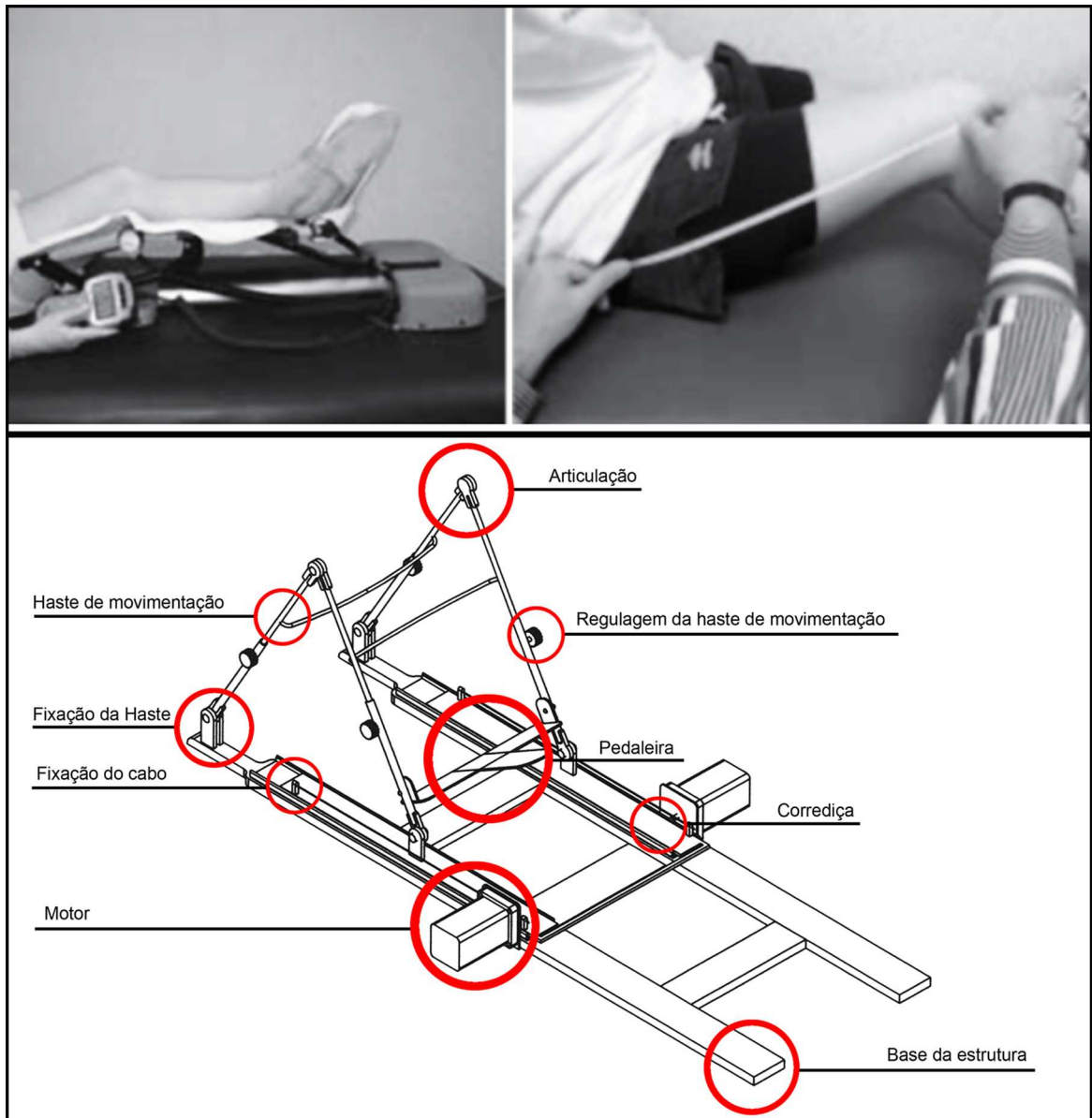


Figura 23 – Vista Isométrica e Medições (Imagens disponibilizadas em: <http://www.isokineticsinc.com>)

### 3.4.2 Montagem do Equipamento

Com objetivo de simplificar a proposta do Modelo Funcional ao máximo, o critério de seleção para as peças adotadas para sua elaboração foram peças disponíveis no mercado e que atendessem a necessidade funcional de cada mecanismo. Foram usados perfis em alumínio (tubulares e chapas), conjunto de articulações, parafusos, porcas, cabos de nylon, corrediças e motores.

A Figura 24 apresenta as peças utilizadas na construção do Modelo Funcional, ao ponto que as Figuras 25, 26 e 27, evidenciam algumas fases do processo de construção.



Figura 24 – Peças utilizadas na confecção do modelo funcional



Figura 25 – Montagem da estrutura – Chapas e corredeiras

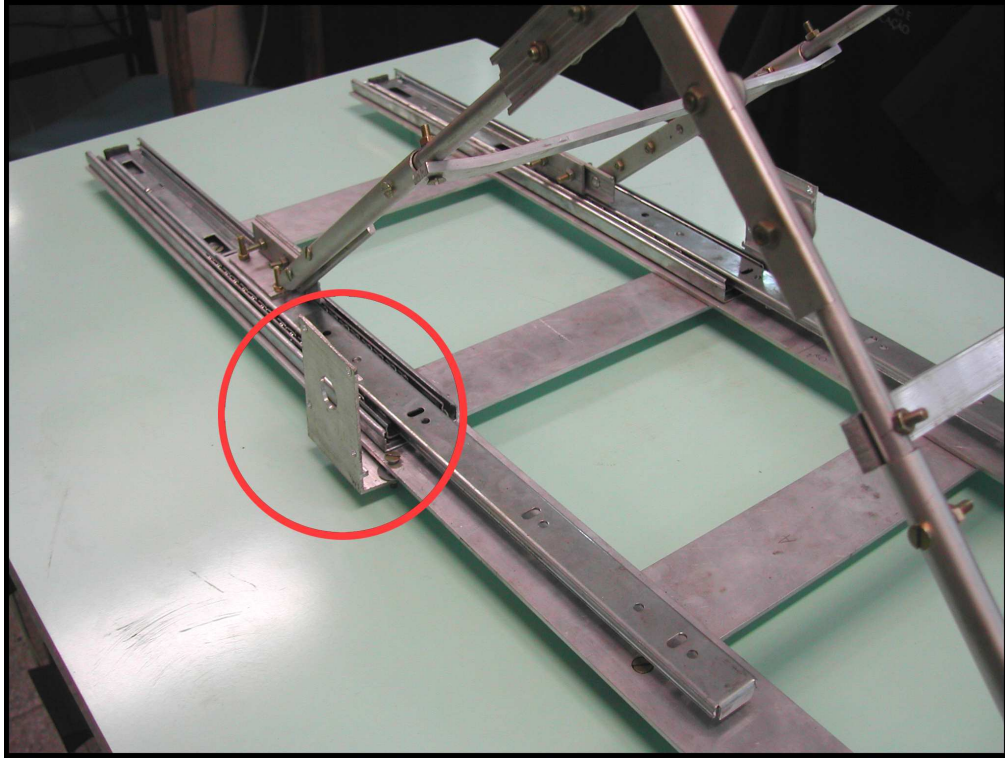


Figura 26 – Base de acondicionamento do motor de passo

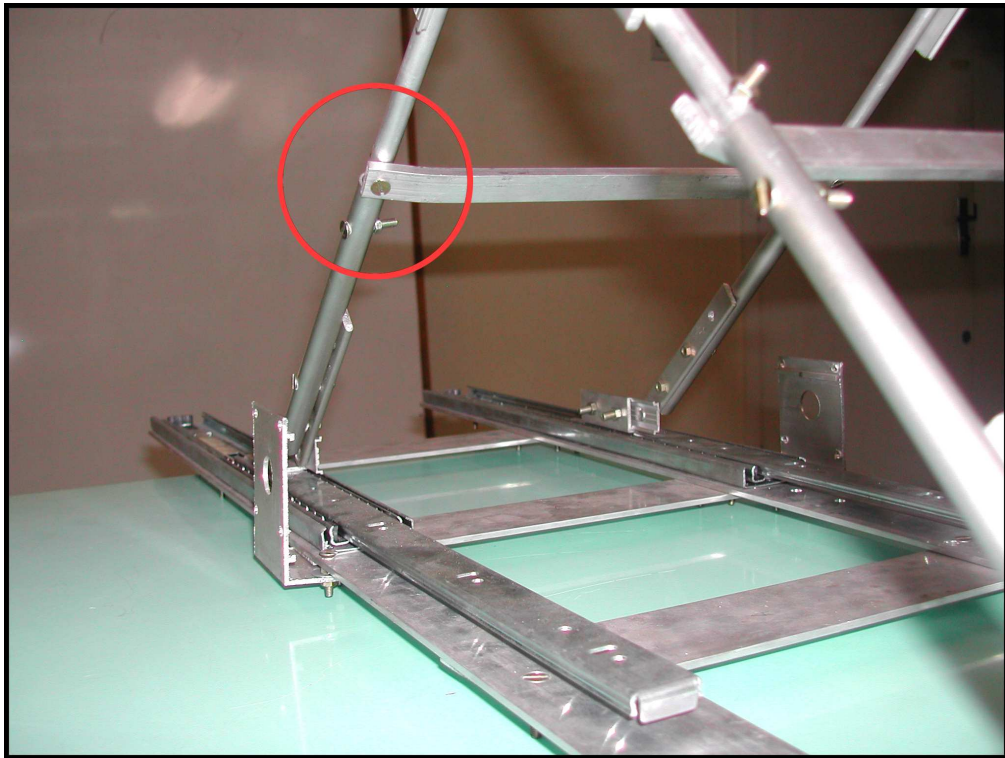


Figura 27 – Haste de apoio e sustentação

### 3.5 Geração do Programa CN

Conforme descrito no capítulo 2 da presente dissertação, a metodologia utilizada para o projeto do programa de controle é fundamentada em técnicas de programação automática de máquinas de comando numérico. Nesse caso, porém, ao invés de interpretar desenhos de peças no ambiente CAD para gerar o programa para a máquina que deverá fabricá-la, como convencionalmente acontece em sistemas de integração CAD/CAM, o software proposto foi implementado para interpretar os gráficos representativos dos movimentos fisioterapêuticos, que também estão definidos como entidades do sistema CAD. A Figura 28 representa a geometria do modelo funcional, utilizada como referência para o desenvolvimento do programa de controle do dispositivo.

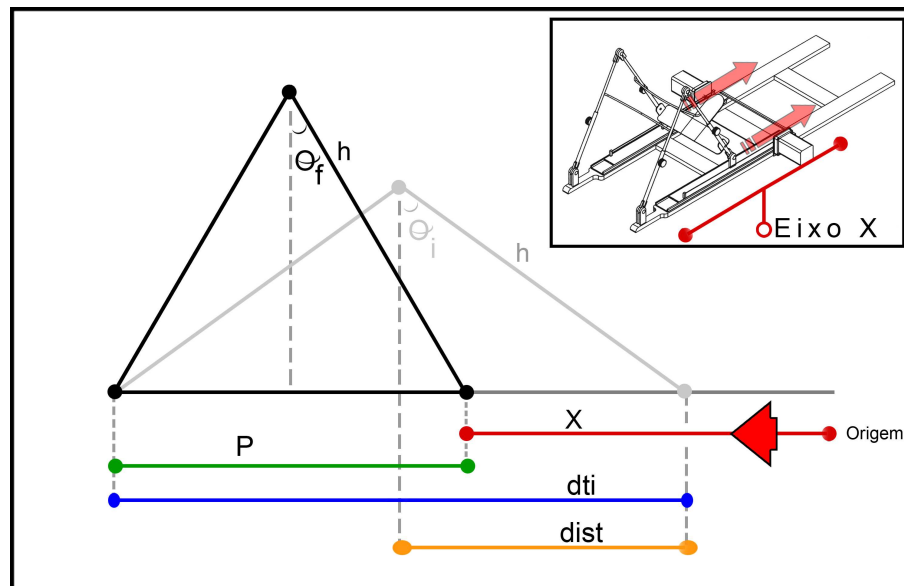


Figura 28 – Geometria da Função matemática

Por analogia com máquinas CNC, o modelo funcional proposto, embora possua dois motores, é um equipamento de um único eixo, pois os motores acionam o mesmo movimento. Isso significa que embora o programa CN comande dois eixos (escolhidos como X e Y), o movimento é o mesmo. Portanto, na listagem do programa, as coordenadas dos eixos programa devem ser iguais. Os sinais desses valores dependem da configuração do programa de acionamento dos motores, podendo ser iguais, ou invertidos. Para fins de análise do programa de controle, o eixo de movimento do equipamento será considerado como eixo X.



Conforme observado nos gráficos dos movimentos fisioterapêuticos, os movimentos têm como referência um ângulo entre as hastes articuladas de  $180^\circ$ , o que significa que a origem do sistema de coordenadas é a posição em que elas estão alinhadas. Com base no estudo de deslocamento, a função matemática que define as coordenadas “X” e “Y” do programa CN para um ponto genérico de posicionamento, deve ser especificada como função do ângulo desejado entre as hastes, ou seja,

$$X = 2h * \left(1 - \text{sen} \frac{\theta}{2}\right) \quad (1)$$

onde,

X – coordenada a ser inserida no programa CN

h – comprimento das hastes de articulação

$\theta$  – ângulo entre as hastes especificado pelo eixo das ordenadas no gráfico

A função matemática especificada foi implementada na linguagem de programação AutoLISP, que é derivada da linguagem funcional concebida por John McCarthy em 1960 denominada *LISP*, que significa Lista de Processos. O compilador AutoLISP é um recurso do CAD para o desenvolvimento de aplicativos que além das funções convencionais de programação, também permite obter informações sobre entidades de desenho, que nesse trabalho correspondem aos gráficos de movimentos. (motivo este pelo qual esta linguagem foi selecionada em função da experiência prévia no software, porém, é válido salientar que poderia ser utilizada outra linguagem de programação qualquer.) - isso nas Considerações Finais

O Programa processa os dados dos gráficos como entidades do CAD, cujos dados são armazenados em um banco de dados estruturado em forma de lista. No sistema desenvolvido, as entidades que compõem os gráficos são retas, cujos códigos de interesse têm o seguinte significado:

(-1) – nome da entidade no banco de dados do CAD

(0) – tipo de entidade (“LINE”)

(10) – coordenadas do ponto inicial ( $x_i$   $y_i$ )

(11) – coordenadas do ponto final ( $x_f$   $y_f$ )

Desta forma, cada gráfico gerado pela demanda fisioterapêutica é analisado com objetivo de determinar os parâmetros correspondentes às amplitudes dos movimentos, tempos de espera e velocidades de avanço que serão inseridos no programa CN. Todos os valores da escala do tempo são 10) mostra um exemplo desta lista para a entidade reta referente ao ponto inicial (180,0) e final (150, 10). Embora as coordenadas dos pontos do gráfico sejam obtidas das extremidades das entidades retas do CAD, os valores das amplitudes dos movimentos não são lidos diretamente do banco de dados do CAD, pois além do fator de escala utilizado para traçar os eixos, o eixo das coordenadas Y dos gráficos de movimentos tem sentido invertido ao adotado como sistema de referência do desenho. Portanto, a especificação dos pontos do gráfico através de valores coordenados de ângulo e tempo devem ser determinados por interpolação linear simples a partir das coordenadas da entidade do CAD.

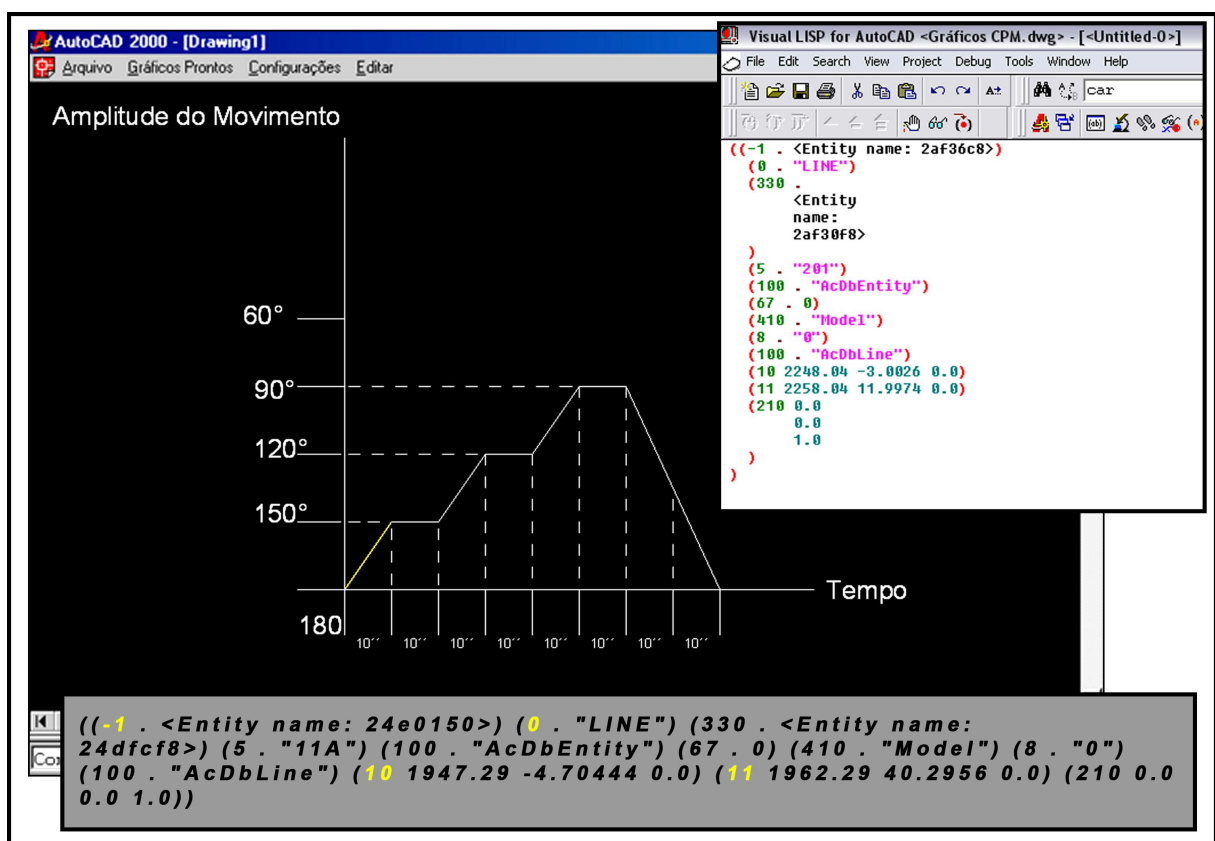


Figura 29 – Estrutura de lista para representação de entidade reta no CAD

A lógica do programa de controle foi elaborada com base no fluxograma apresentado na Figura 30. O programa tem início com a seleção pelo usuário do modo de operação (manual ou automática). Pela opção automática, o programa solicita ao usuário a seleção de um dos gráficos de movimento pré-estabelecidos, e armazenados no banco de dados do sistema, permitindo editar os respectivos parâmetros, quando necessário. Na opção manual, o sistema solicita a definição dos parâmetros do gráfico individualmente.

O processamento lógico tem início com a análise entre pontos consecutivos do gráfico. A igualdade entre a amplitude inicial ( $A_i$ ) e a amplitude do próximo ponto ( $A_{i+1}$ ), significa tempo de parada, que no programa CN é identificado pela função G4. Em caso de desigualdade, a diferença entre as amplitudes define o parâmetro X da interpolação linear (G1), de acordo com a equação (1). Porém, além de registrar essa informação de deslocamento no programa CN que está sendo gerado, é necessário informar a velocidade de avanço, que é calculada pela diferença entre os respectivos tempos e que são obtidos pelas abscissas do gráfico. Esse procedimento se repete até que todos os pontos do gráfico tenham sido interpretados.

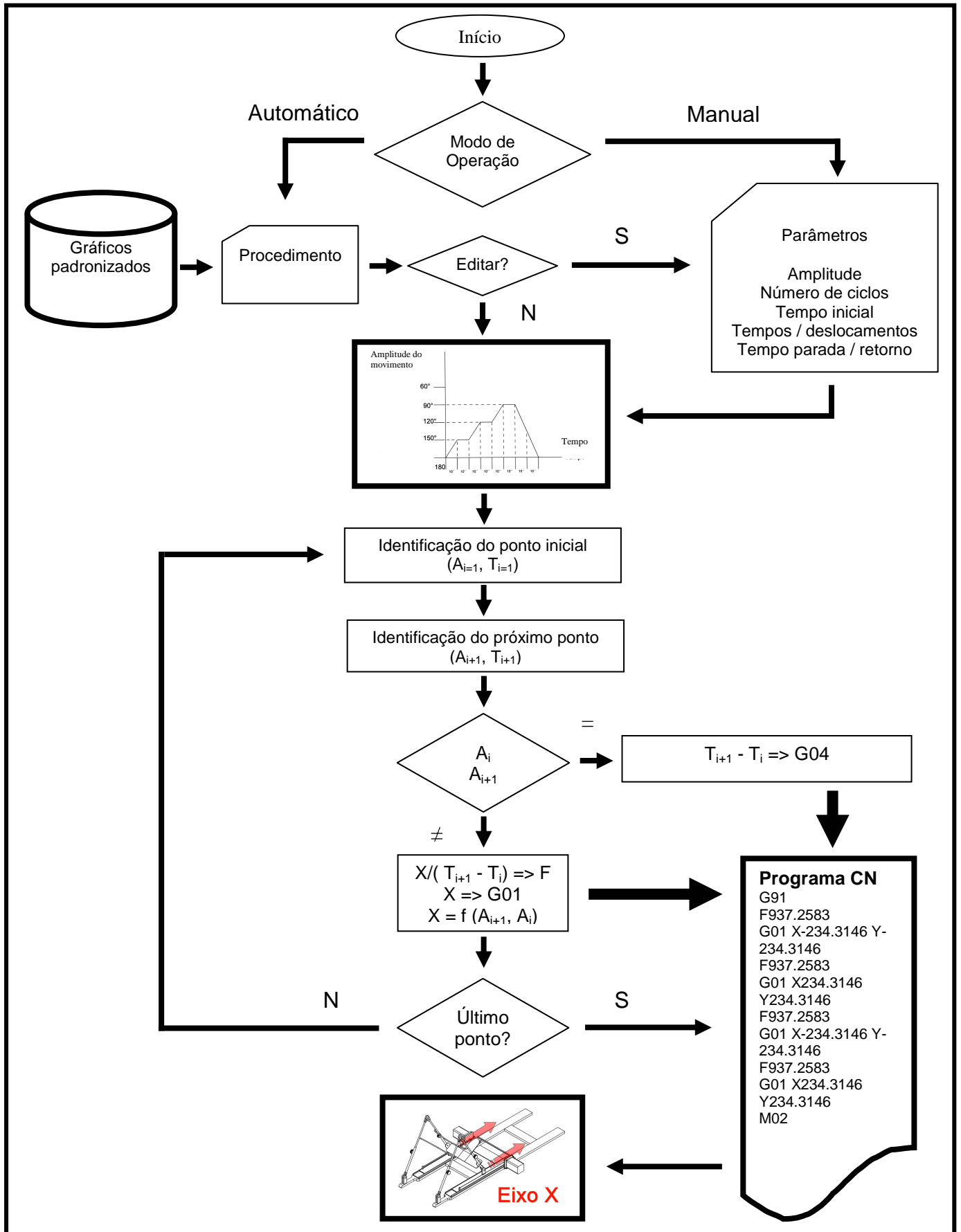


Figura 30 – Fluxograma da programação



Após a geração do programa CN com as informações necessárias, envia-se o mesmo para um programa de gerenciamento de coordenadas numéricas aplicado a motores de passo. O software K CAM foi selecionado para essa função porque, além de possuir simplicidade operacional é de baixo custo se comparado a similares. (Figura 31).

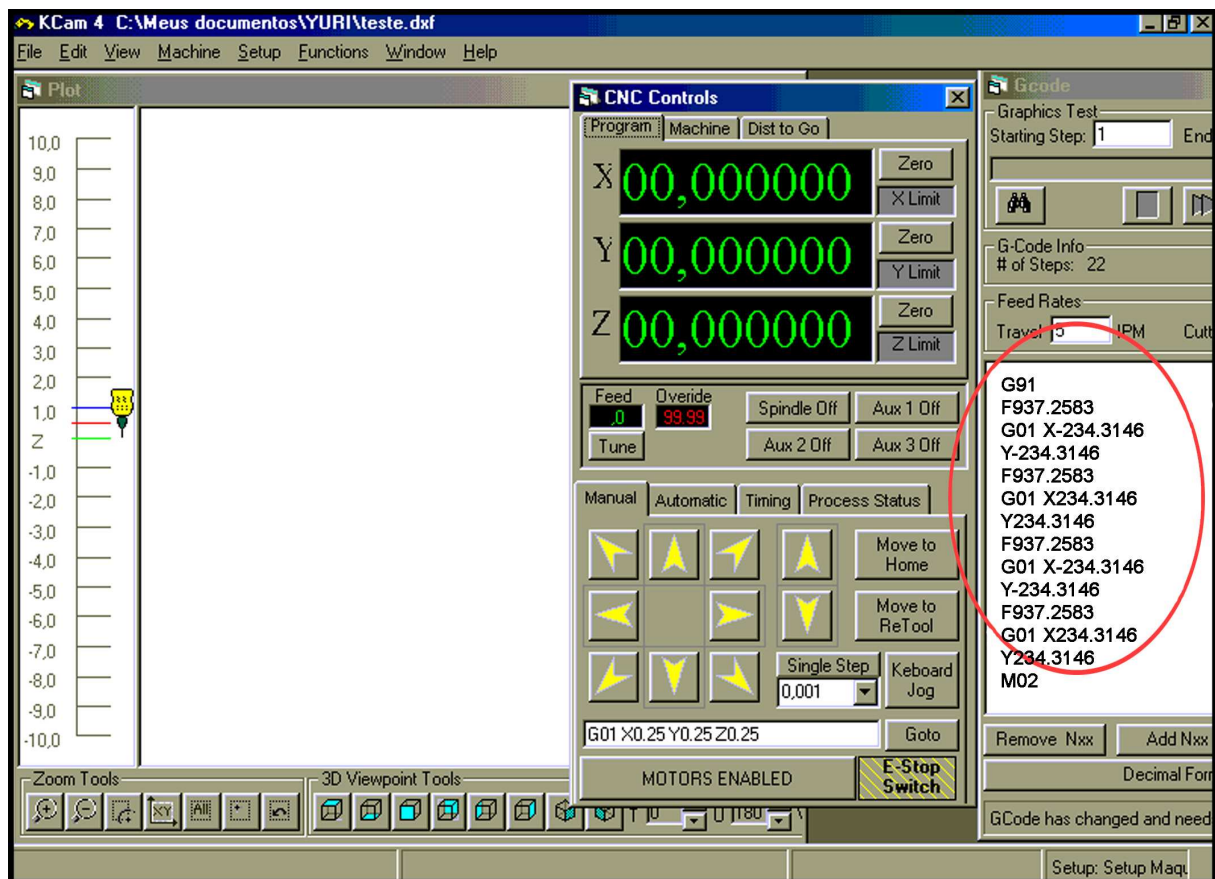


Figura 31 – Tela Gerada pelo Software K CAM com o indicativo do código “G” (Elipse)

### 3.5.1 Transmissão de Informações para Motores

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

Durante a pesquisa, surgiu à possibilidade de utilizar um motor de corrente contínua, porém esta alternativa foi descartada devido ao fato do grupo de pesquisa do presente trabalho não possuir experiência com este sistema de motorização, ao ponto que o motor passo representa uma solução mais simples, podendo ser controlado precisamente por meio de pulsos dispensando a utilização de sensores.

O fluxograma da Figura 32 exemplifica as fases de configuração do programa de controle, bem como sua interface com o Modelo Funcional descrita acima.

Em resumo, foi implementada uma programação Lisp contendo todos requisitos de projeto apresentados pelo item 3.3 (Mapeamento Funcional), esta linguagem foi escolhida por ser a linguagem de programação adotada pelo grupo de pesquisa do presente trabalho. Após gerados os códigos de comando numérico pelo programa Lisp, estes são levados até o KCam, software selecionado para o uso pelo mesmo motivo pelo qual a programação Lisp foi utilizada e também devido a sua simplicidade operacional. A partir desta fase o processo é realizado pelos dados enviados para o drive e pelas informações que são interpretadas em forma de pulsos pelos motores.

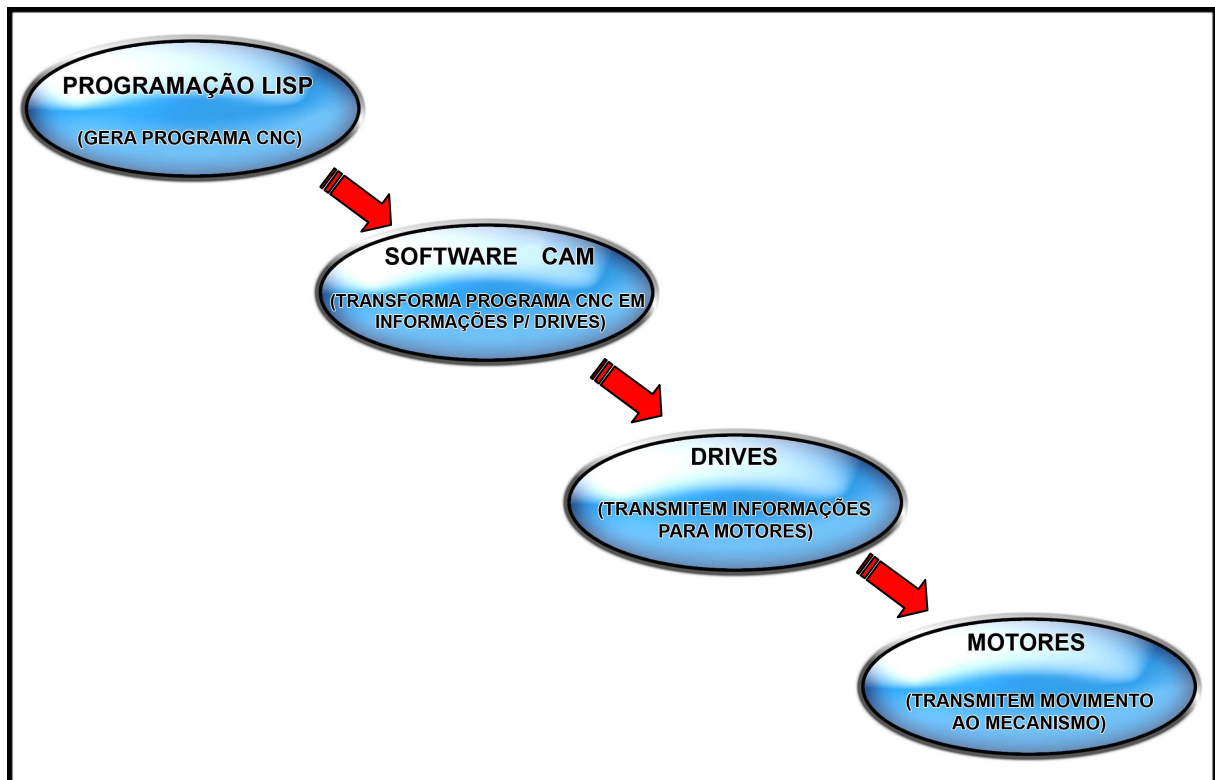


Figura 32 – Fluxograma da configuração do programa de controle

## CAPÍTULO IV

### Resultados

#### 4.1 Interface de comunicação do software com usuários

A Figura 33 apresenta a estrutura principal de menus para interface com o usuário do software implementado em ambiente interno do Autocad. O menu suspenso apresenta os seguintes itens: “Arquivo”, que pode abrir novos arquivos em formatos compatíveis com o software, composto pelos sub-menus “Novo”, “Abrir”, “Salvar”, “Salvar Como”, “Sair” e “Voltar ao Menu do Cad”. O item “Configurações” é composto de pelos sub-menus “Visualizar” para visualizar os gráficos, Comprimento da Barra “(dado antropométrico) e ”Alterar Gráfico”, este último composto pelo sub-menu que apresenta os gráficos pré-definidos.

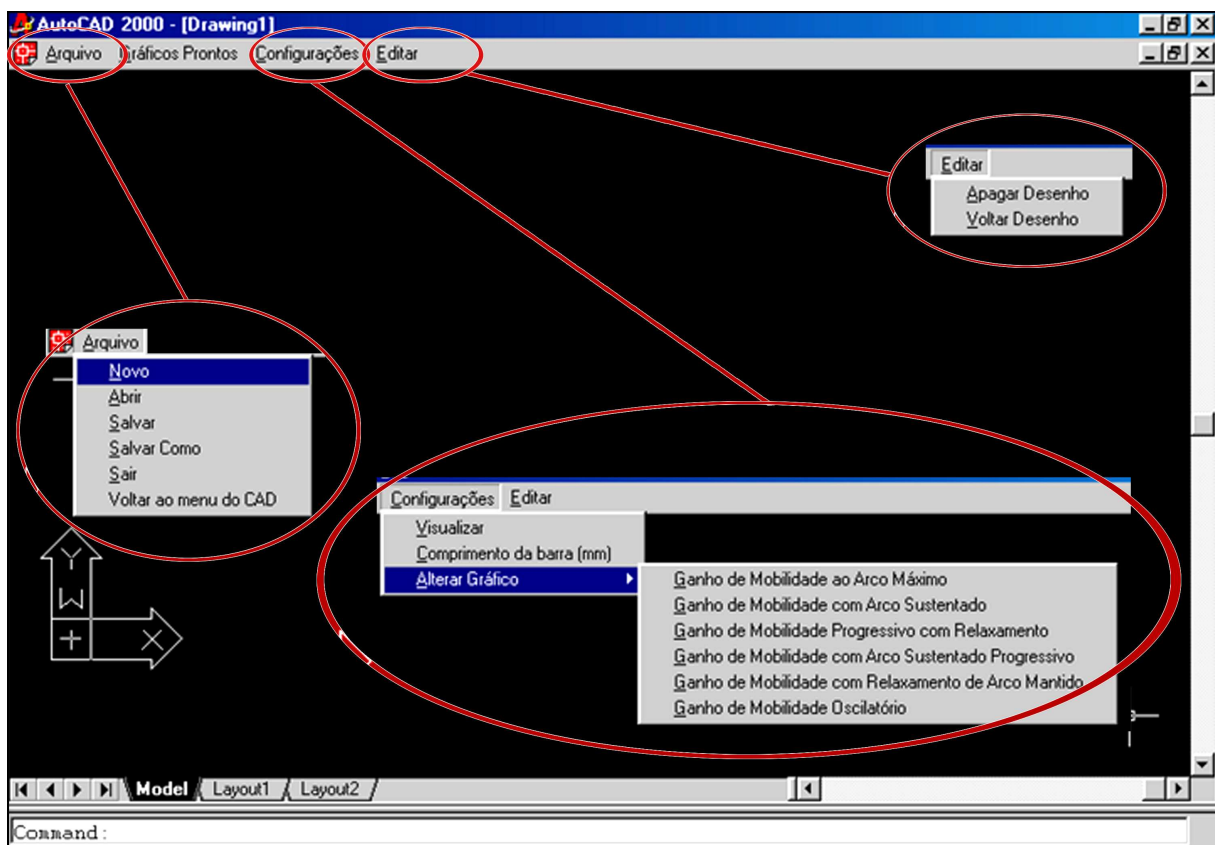


Figura 33 – Testes do Funcionamento do Software

#### 4.1.1 Aplicação do sistema para procedimento pré-definido

A Figura 34 mostra a opção no menu suspenso denominada “Gráficos Prontos”, que apresenta automaticamente os desenhos referentes aos procedimentos.

O código CN em destaque na Figura 34 possui um sistema de coordenadas incrementais representado pelo G91. A linha seguinte do código apresenta o valor referente à velocidade de avanço (F937.2583), que é a velocidade do ponto de articulação na guia para percorrer a distância correspondente a uma variação de ângulo entre 180 e 90 graus num tempo de 15 segundos. A interpolação linear (G01) no bloco seguinte apresenta os valores destes deslocamentos dos eixos X e Y (X-234.3146 Y-234.3146) e assim sucessivamente até encerrar o programa com o M02.

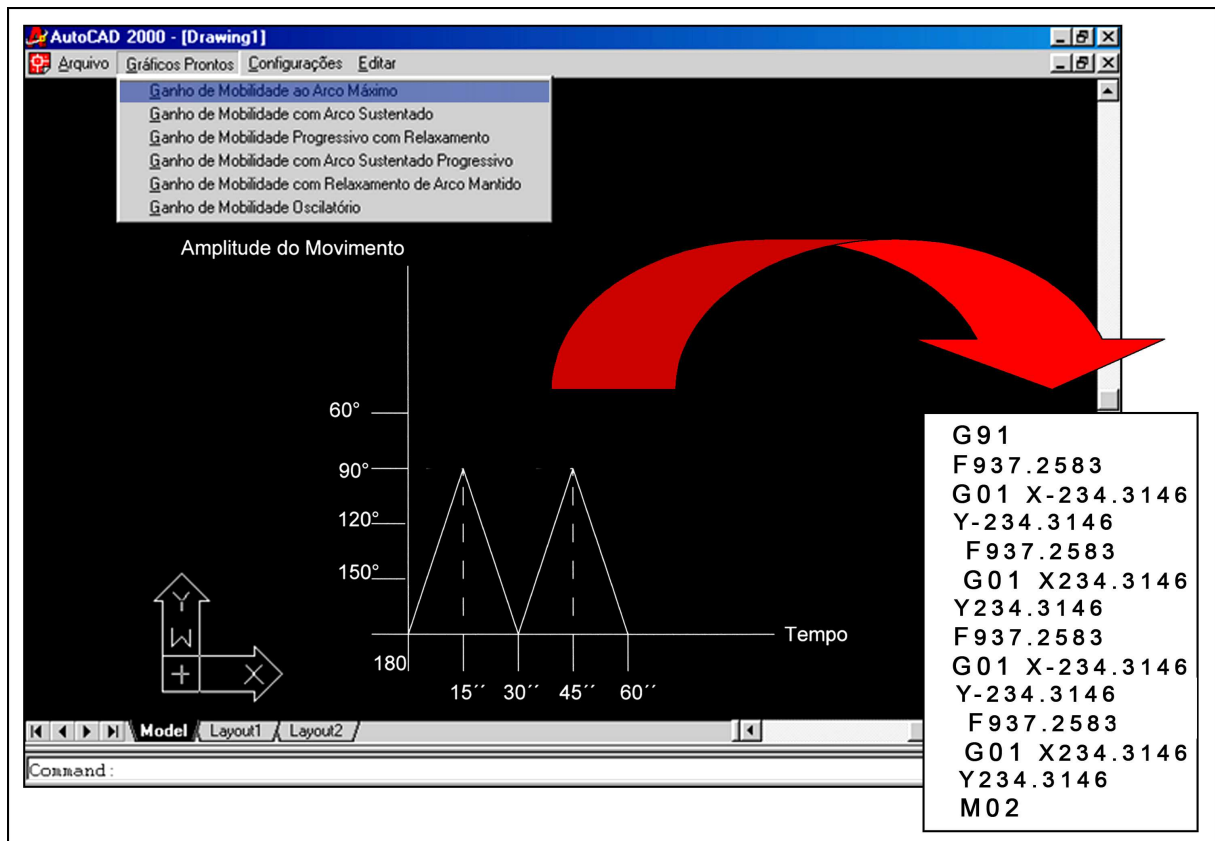


Figura 34 – Aplicação do sistema para o caso de ganho de mobilidade ao arco máximo

O exemplo de aplicação do sistema mostrado na Figura 35 refere-se ao procedimento de ganho de mobilidade com arco sustentado. Nesse caso, o tempo de parada é descrito pelo programa CN por meio do código G04 com valor de 15, representando 15 segundos de pausa na amplitude de 90°. Após a pausa, os códigos anteriores são repetidos até encerrar o programa com M02.

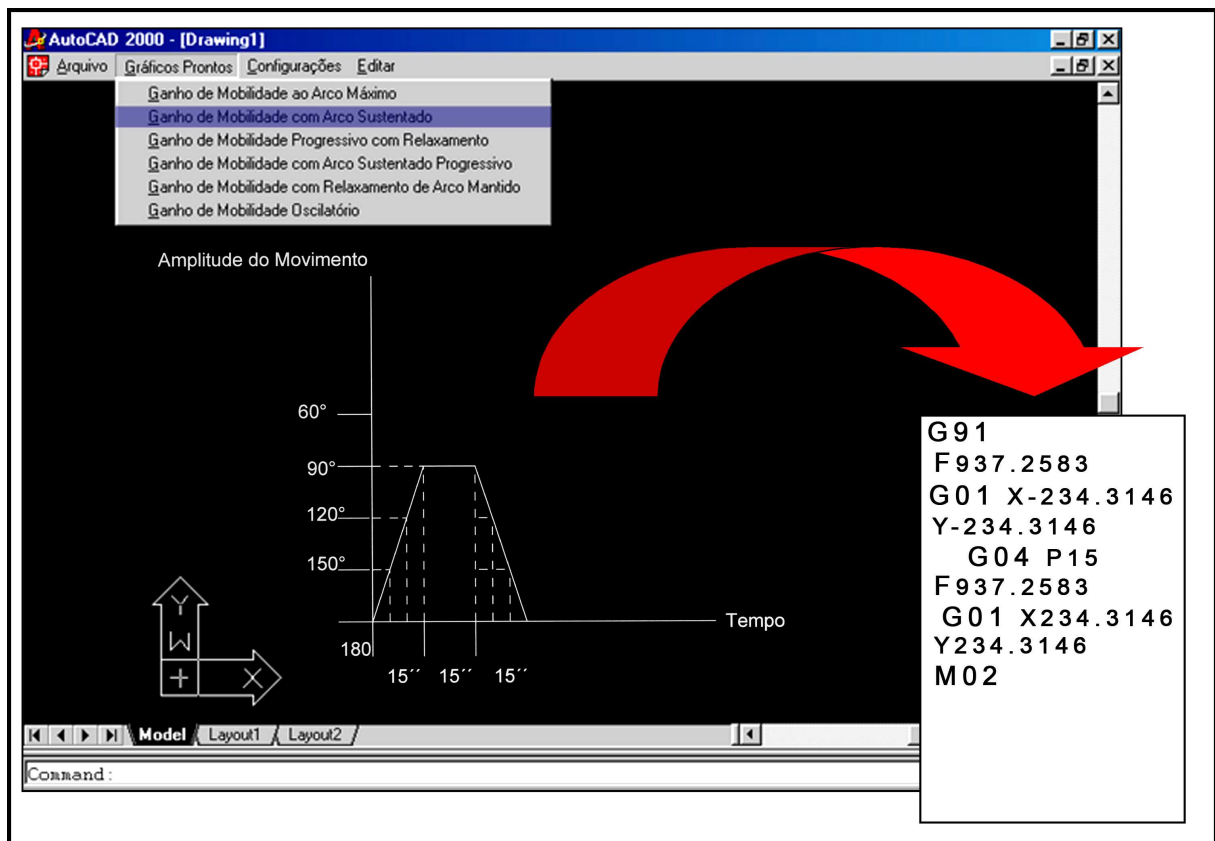


Figura 35 – Aplicação do sistema para o caso de ganho de mobilidade ao arco sustentado

#### 4.1.2 Intervenção do usuário em procedimento pré-definido

A alteração de parâmetros em procedimentos padrão é um recurso necessário ao profissional fisioterapeuta para adaptar o tratamento às condições impostas pela situação do paciente. A Figura 36 exemplifica a forma de operação do sistema para possibilitar a alteração do tempo de permanência do exemplo anterior apresentado por meio da Figura 35.

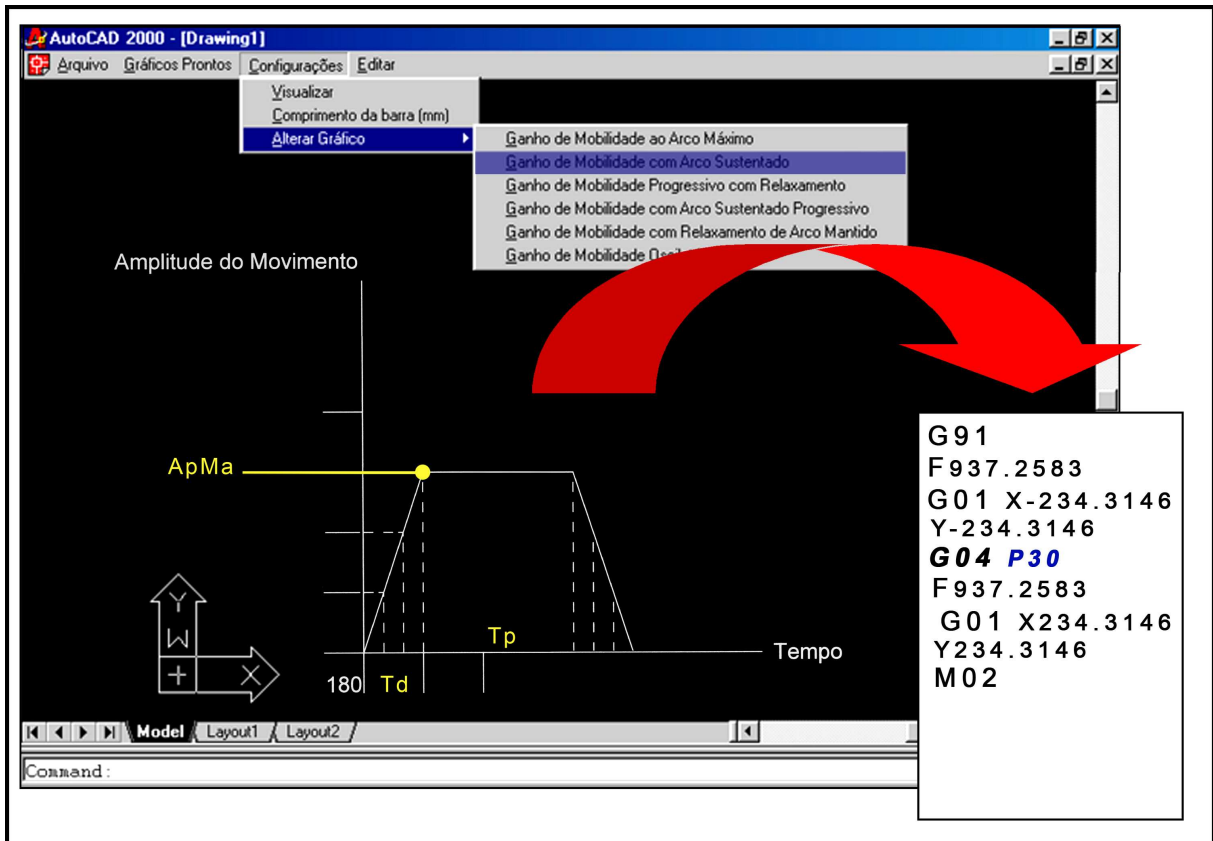


Figura 36 – Exemplo de alteração de parâmetro de procedimento pré-definido

A Figura 37 apresenta uma aplicação do sistema para o caso de “ganho de mobilidade oscilatória”, cujos dados de entrada são acessados por meio do menu suspenso: “Gráficos Prontos”, “Ganho de Mobilidade Oscilatório”. Os resultados do processamento são mostrados no programa CNC do Quadro 6. A possibilidade de interferência do usuário na definição dos parâmetros é mostrada através do exemplo da Figura 38. Nesse caso, os parâmetros alterados em relação ao exemplo anterior são o número de repetições em cada nível de oscilação, que passa de 3 para 4 e a amplitude da oscilação na primeira seqüência de movimentos oscilatórios, que passa de  $120^\circ$  para  $160^\circ$ . Essas alterações podem ser identificadas através dos comentários no novo programa CN gerado, conforme mostra o Quadro 7.

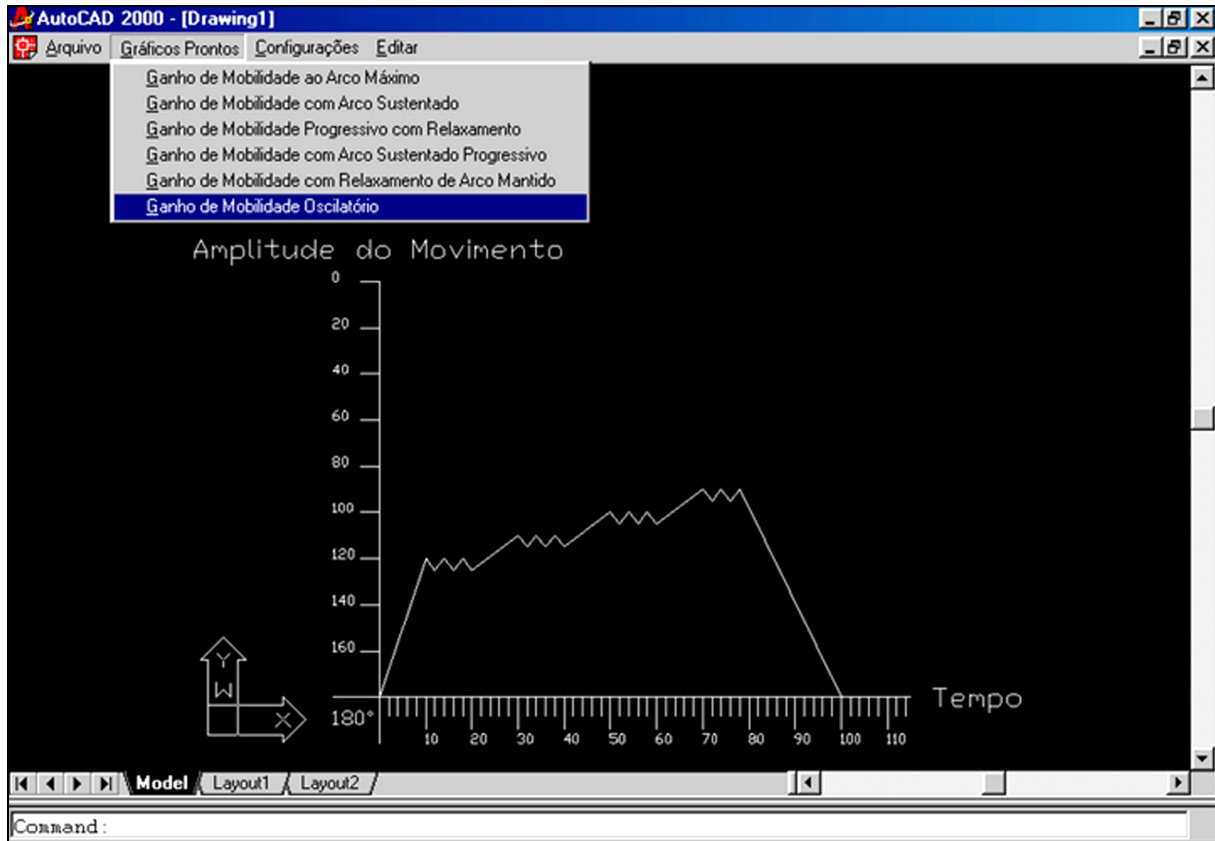


Figura 37 – Exemplo de parâmetro de procedimento pré-definido (Código CN extenso)

Quadro 6: Programa CNC

Bloco	Comentário
G91	Definição do sistema de coordenadas – valores incrementais
F643.0781	
G01 X-107.1797 Y107.1797	Especificação da velocidade de avanço: 180° a 120° em 10 seg.
F503.6503	
G01 X16.7883 Y-16.7883	Posicionamento em 120°
<b>F503.6503</b>	<b>Velocidade de avanço para o movimento oscilatório</b>
G01 X-16.7883 Y16.7883	Início da primeira seqüência de movimentos oscilatórios
F503.6503	
G01 X16.7883 Y-16.7883	
F503.6503	
G01 X-16.7883 Y16.7883	
F503.6503	
G01 X16.7883 Y-16.7883	
F325.7222	
G01 X-54.287 Y54.287	Fim da primeira seqüência de movimentos oscilatórios
<b>F581.7456</b>	<b>Velocidade de avanço para o posicionamento em 110°</b>
G01 X19.3915 Y-19.3915	Posicionamento em 110°
<u>F581.7456</u>	<u>Nova velocidade de avanço</u>
G01 X-19.3915 Y19.3915	Início da segunda seqüência de movimentos oscilatórios
F581.7456	
G01 X19.3915 Y-19.3915	
F581.7456	
G01 X-19.3915 Y19.3915	
F581.7456	

<p>G01 X19.3915 Y-19.3915  <b>F371.2656</b>  G01 X-61.8776 Y61.8776  <u>F655.4135</u>  G01 X21.8471 Y-21.8471  F655.4135  G01 X-21.8471 Y21.8471  F655.4135  G01 X21.8471 Y-21.8471  F655.4135  G01 X-21.8471 Y21.8471  F655.4135  G01 X21.8471 Y-21.8471  F413.9835  G01 X-68.9972 Y68.9972  <b>F724.0933</b>  G01 X24.1364 Y-24.1364  <u>F724.0933</u>  G01 X-24.1364 Y24.1364  F724.0933  G01 X24.1364 Y-24.1364  F724.0933  G01 X-24.1364 Y24.1364  <b>F639.0398</b>  G01 X234.3146 Y-234.3146  M02</p>	<p>Fim da segunda seqüência  <b>Velocidade de avanço para o posicionamento em 100°</b>  Posicionamento em 100°  <u>Nova velocidade de avanço</u>  Início da terceira seqüência de movimentos oscilatórios</p> <p>Fim da terceira seqüência  <b>Velocidade de avanço para o posicionamento em 90°</b>  Posicionamento em 90°  <u>Nova velocidade de avanço</u>  Início da quarta seqüência de movimentos oscilatórios</p> <p>Fim da quarta seqüência  <b>Velocidade de avanço para o último posicionamento</b>  Posicionamento final em 180°  Fim do programa</p>
---	--



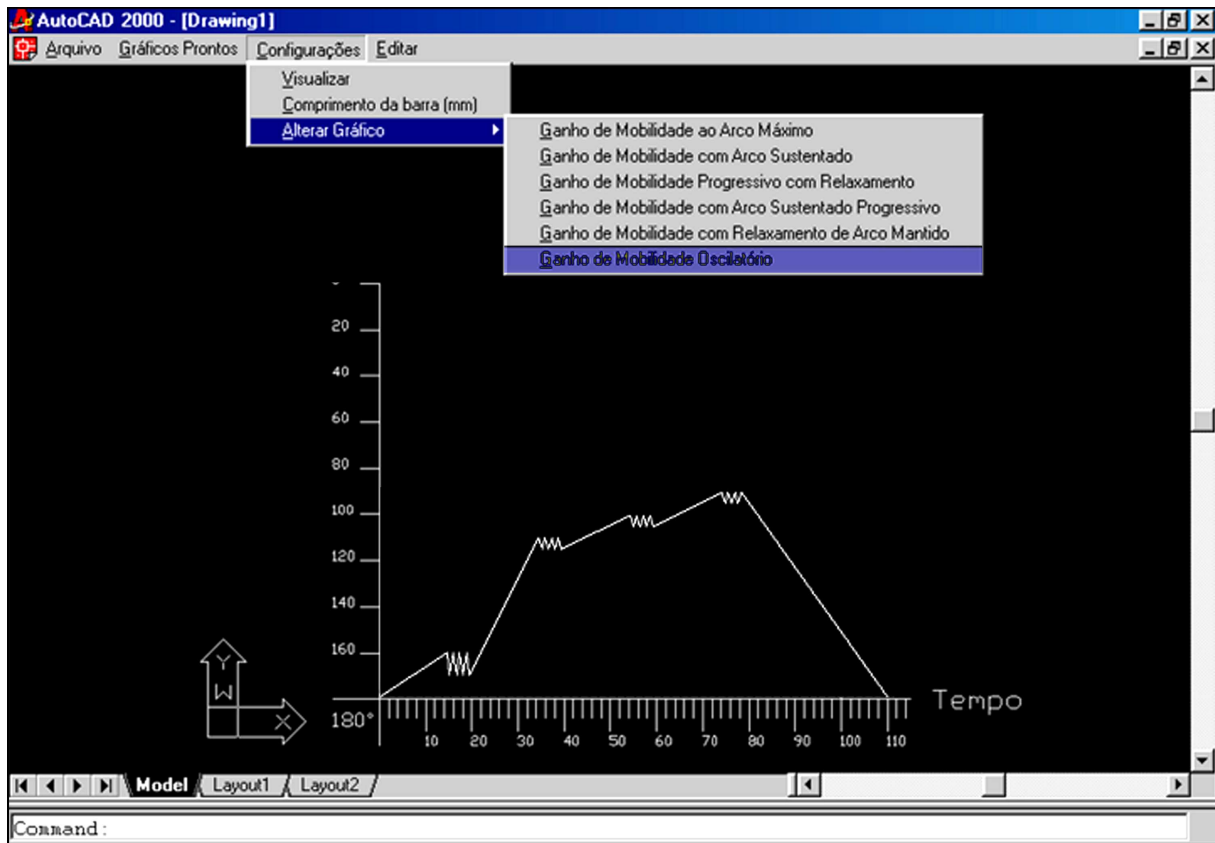


Figura 38 – Exemplo de alteração de parâmetro de procedimento pré-definido (Código CN extenso)

Quadro 7: Programa CNC modificado

Bloco	Comentários
G91	Definição do sistema de coordenadas – valores incrementais
F48.6152	
G01 X-12.1538 Y12.1538	Especificação da velocidade de avanço: 180° a 160° em 12 seg.
F765.2027	
G01 X9.1096 Y-9.1096	Posicionamento em 160°
<b>F765.2027</b>	<b>Velocidade de avanço para o movimento oscilatório</b>
G01 X-9.1096 Y9.1096	Início da primeira seqüência de movimentos oscilatórios
F765.2027	
G01 X9.1096 Y-9.1096	
F765.2027	
G01 X-9.1096 Y9.1096	
F765.2027	
G01 X9.1096 Y-9.1096	
F765.2027	
G01 X-9.1096 Y9.1096	
F765.2027	
G01 X9.1096 Y-9.1096	Fim da primeira seqüência de movimentos oscilatórios
<b>F566.5365</b>	<b>Velocidade de avanço para o posicionamento em 115°</b>
G01 X-141.6341 Y141.6341	Posicionamento em 115°
<u>F1628.8878</u>	<u>Nova velocidade de avanço</u>
G01 X19.3915 Y-19.3915	Início da segunda seqüência de movimentos oscilatórios
F1628.8878	
G01 X-19.3915 Y19.3915	

<p>F1628.8878  G01 X19.3915 Y-19.3915  F1628.8878  G01 X-19.3915 Y19.3915  F1628.8878  G01 X19.3915 Y-19.3915  F1628.8878  G01 X-19.3915 Y19.3915  <b>F1628.8878</b>  G01 X19.3915 Y-19.3915  <u>F247.5104</u>  G01 X-61.8776 Y61.8776  F1835.1579  G01 X21.8471 Y-21.8471  F1835.1579  G01 X-21.8471 Y21.8471  F1835.1579  G01 X21.8471 Y-21.8471  F1835.1579  G01 X-21.8471 Y21.8471  F1835.1579  G01 X21.8471 Y-21.8471  F1835.1579  G01 X-21.8471 Y21.8471  <b>F1835.1579</b>  G01 X21.8471 Y-21.8471  <u>F275.989</u>  G01 X-68.9972 Y68.9972  F2027.4613  G01 X24.1364 Y-24.1364  F2027.4613  G01 X-24.1364 Y24.1364  F2027.4613  G01 X24.1364 Y-24.1364  F2027.4613  G01 X-24.1364 Y24.1364  F2027.4613  G01 X24.1364 Y-24.1364  F2027.4613  G01 X-24.1364 Y24.1364  <b>F439.3398</b>  G01 X234.3146 Y-234.3146  <u>M02</u></p>	<p>Fim da segunda seqüência  <b>Velocidade de avanço para o posicionamento em 100°</b>  Posicionamento em 100°  <u>Nova velocidade de avanço</u>  Início da terceira seqüência de movimentos oscilatórios</p> <p>Fim da terceira seqüência  <b>Velocidade de avanço para o posicionamento em 90°</b>  Posicionamento em 90°  <u>Nova velocidade de avanço</u>  Início da quarta seqüência de movimentos oscilatórios</p> <p>Fim da quarta seqüência  <b>Velocidade de avanço para o último posicionamento</b>  Posicionamento final em 180°  <u>Fim do programa</u></p>
--	---

## 4.2 Proposta de Representação Gráfica da Interface

Com o objetivo de dar continuidade a pesquisa e com base na experiência adquirida durante todo o processo de desenvolvimento desta dissertação, este item apresenta a proposta de um único programa de controle do dispositivo programável, uma vez que o fato de possuir dois programas operando como foi apresentado neste trabalho vai de encontro aos conceitos ergonômicos cognitivos com relação a interface homem-máquina.

O programa apresenta uma interface amigável, minimizando desta forma a margem de erro por parte do usuário.

A Figura 39 exemplifica a situação ideal para gerenciamento de um dispositivo programável de movimento passivo contínuo, onde são aplicados princípios de simplicidade visual com o objetivo de minimizar a margem de erro por parte do usuário.

Ao carregar o programa o usuário se depara com a tela apresentada na Figura 38 podendo optar por três procedimentos, como já foi relatado ao longo da presente pesquisa, são eles: “Novo Procedimento”, “Procedimento Pré-Definido” e “Procedimento Pré-definido Modificado”.

Ao selecionar “Novo Procedimento”, o usuário terá acesso a uma nova tela, conforme exemplifica a Figura 40, onde haverá a necessidade de definir parâmetros de tempo, amplitude e número de ciclos carregando o programa ao canto inferior direito da imagem com a opção “Entra”.

Selecionando “Procedimento Pré-Definido”, o usuário terá que selecionar um dos seis procedimentos pré-estabelecidos e carregar com o programa com a opção “Entra”, conforme Figura 41.

Quando selecionar a opção “Procedimento Pré-Definido Modificado”, evidenciado na Figura 42, o usuário deverá selecionar o procedimento desejado (gráfico) e acessar os parâmetros deste, pois cada gráfico possui características próprias de funcionamento.

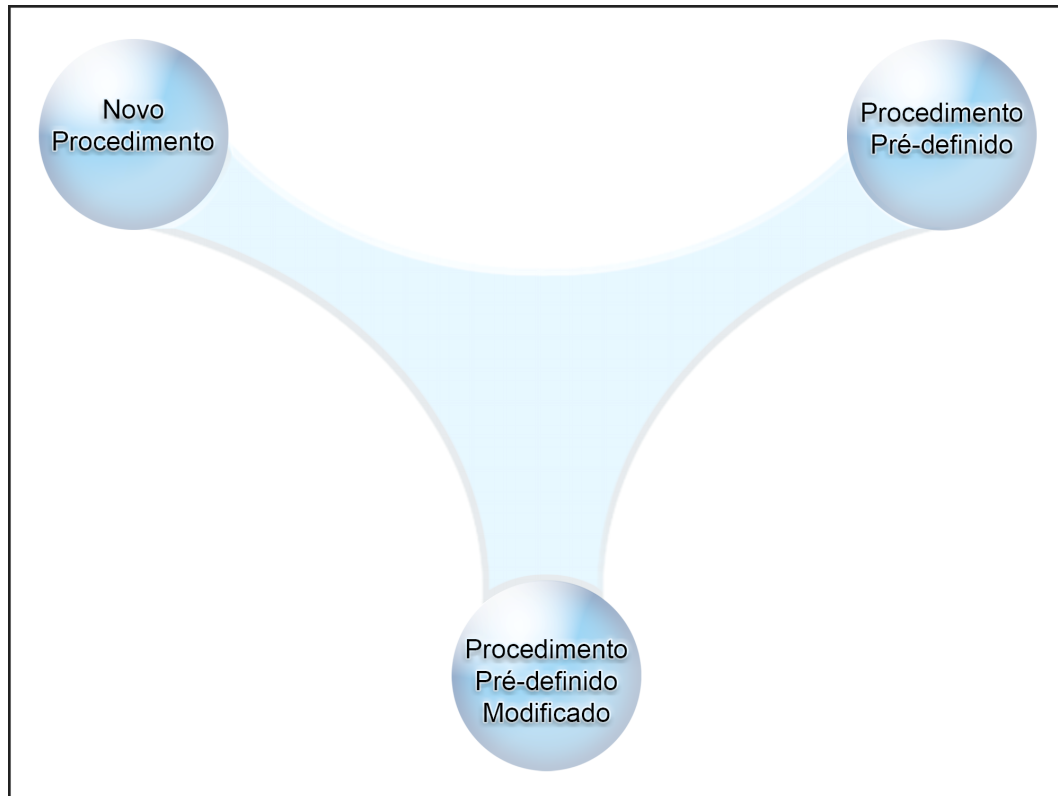


Figura 39 – Representação Gráfica do Software – Tela 1

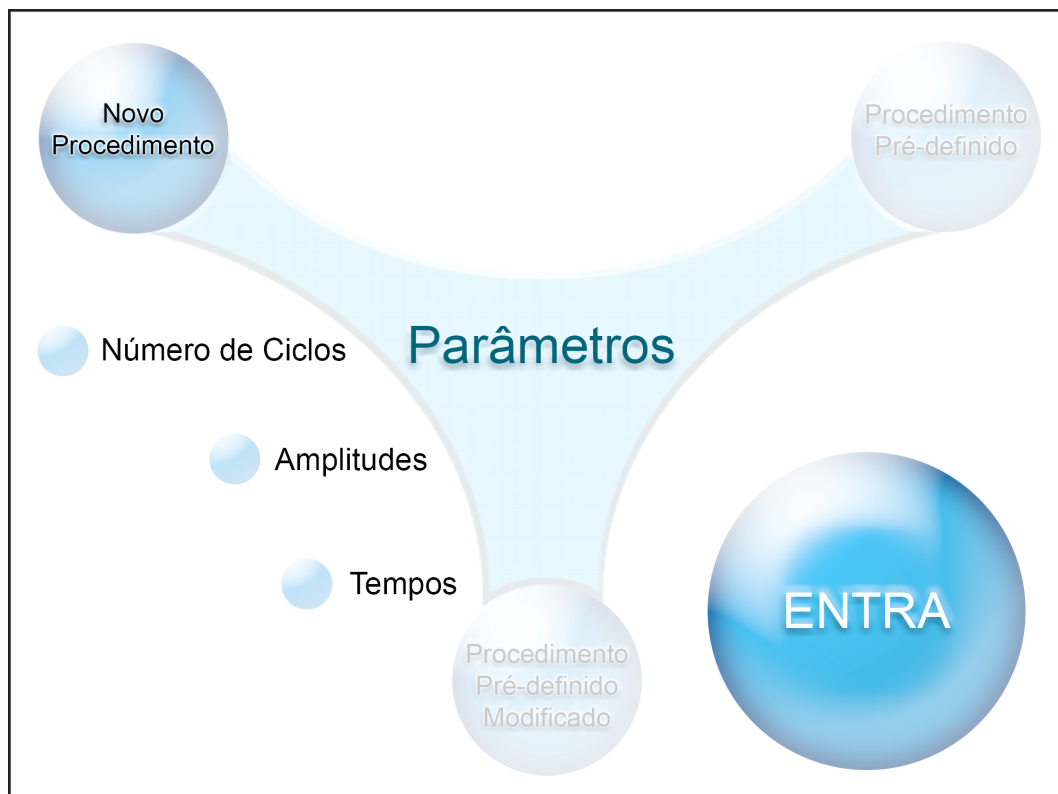


Figura 40 – Representação Gráfica do Software – Tela 2

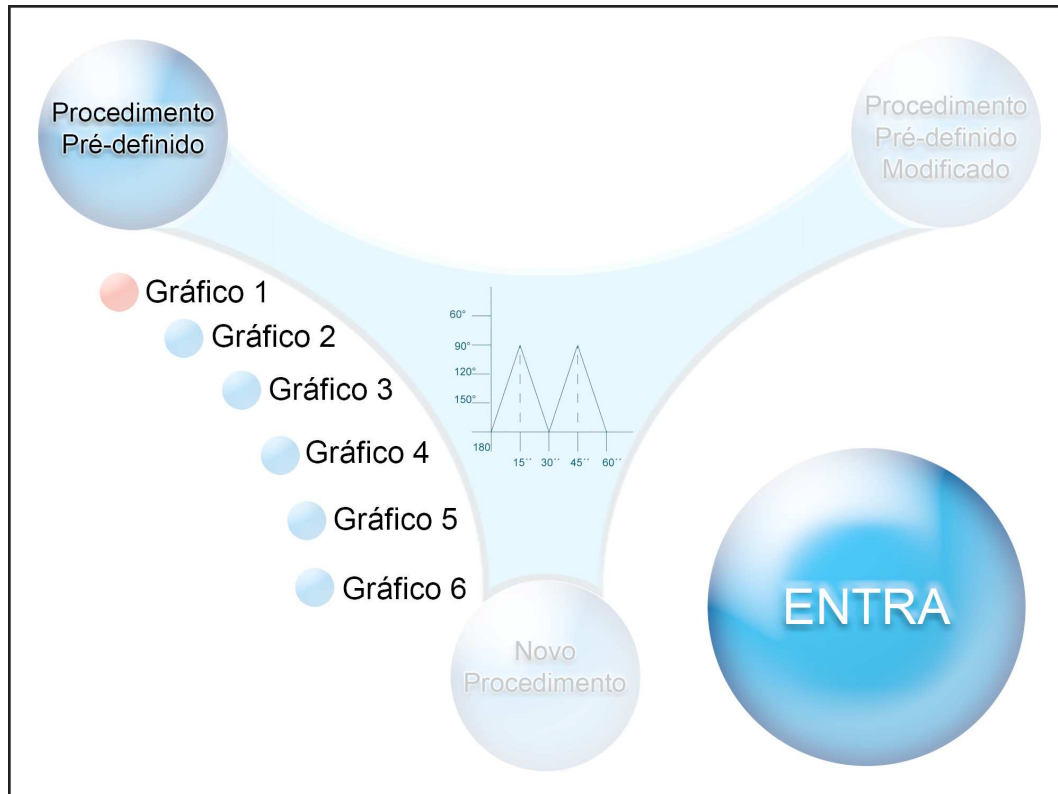


Figura 41 – Representação Gráfica do Software – Tela 3

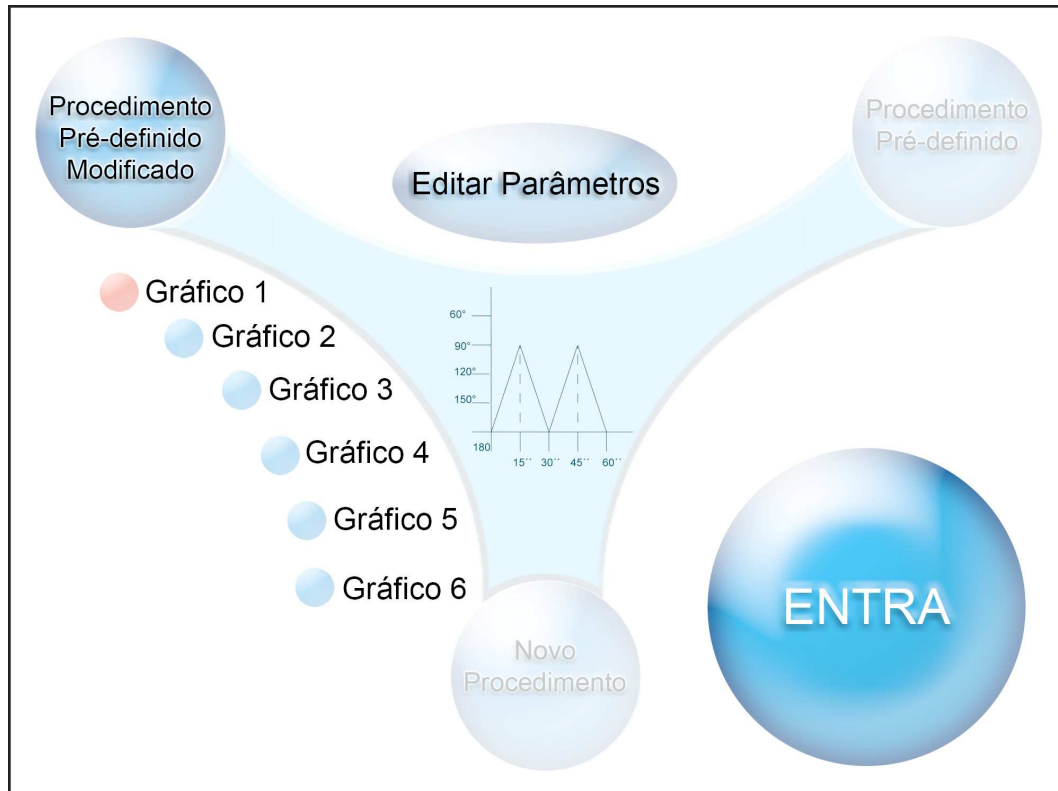


Figura 42 – Representação Gráfica do Software – Tela 4

### 4.3 Testes de Funcionamento do Modelo Funcional

A Figura 43 apresenta o detalhe do sistema de transmissão de movimento do Modelo Funcional, onde o eixo do motor efetua a tração das corredeiras por meio de um cabo. Já na Figura 44, observa-se o detalhe do teste de tração que objetivou, embora este não fosse foco da pesquisa, avaliar a força dos motores utilizados por meio de um sistema de roldanas, desta forma será possível adquirir conhecimento para uso em futuro processo de prototipagem de um novo C.P.M.

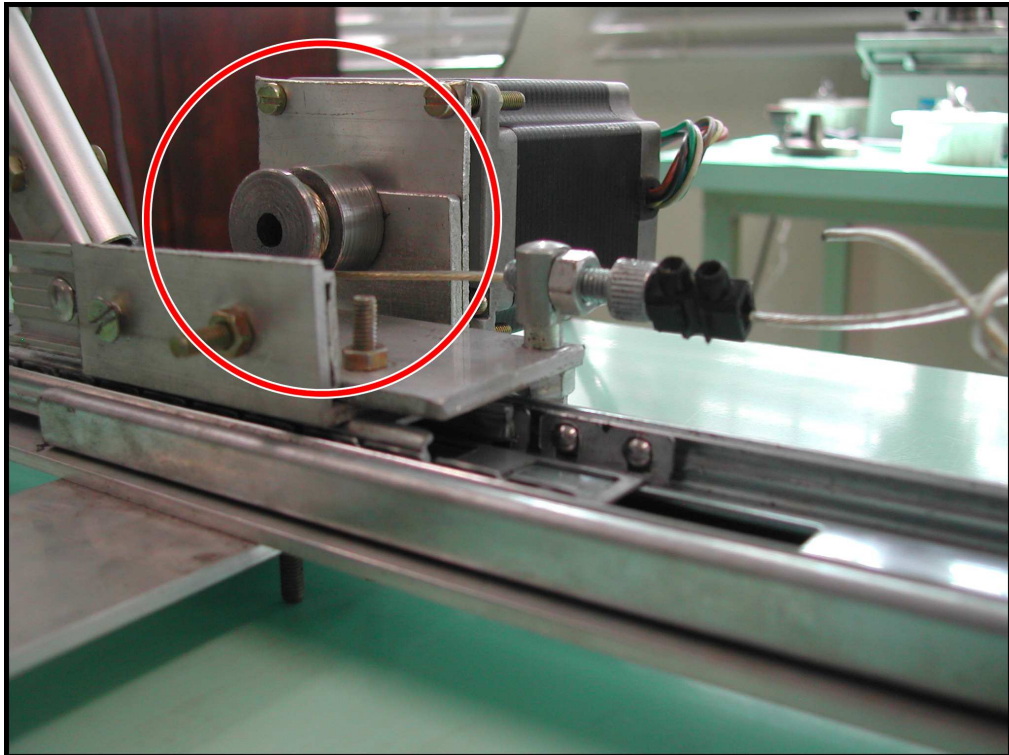


Figura 43 – Sistema de acondicionamento do cabo no eixo do motor

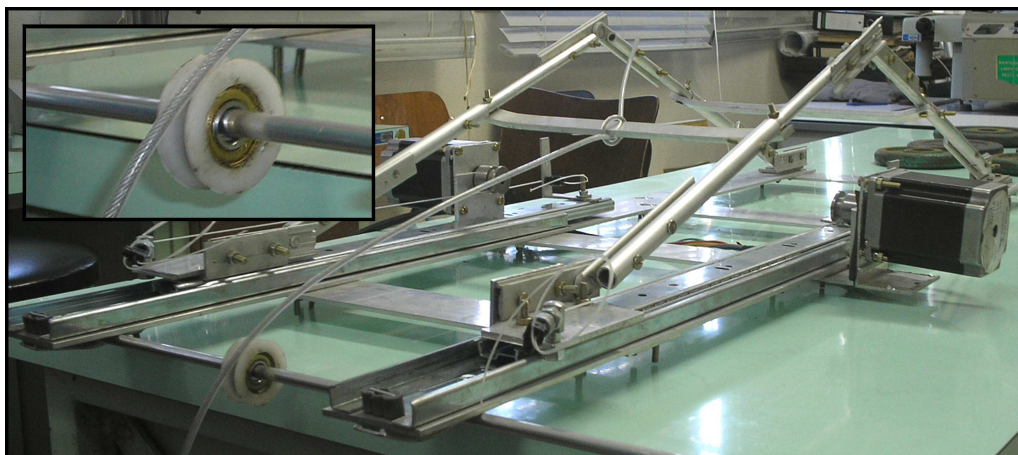


Figura 44 – Detalhe do sistema de roldana para teste de tração.



A Figura 45 apresenta o teste de tração realizado com o fim de avaliar o sistema mecânico do Modelo Funcional, bem como a resistência da motorização utilizada. Foram usados pesos em sessões de dois, quatro, seis, oito, dez e dezesseis kg.

Faz-se necessário registrar que não foram encontrados em literaturas, dados referentes ao nível de resistência apresentado pela articulação do joelho no caso de lesões em função da larga variabilidade condicionada pelos diferentes biótipos humanos, bem como pelas diferentes condições físicas, sendo assim, o teste representado na Figura 45 objetivou submeter o Modelo a uma considerável carga de esforço de modo gradual, conforme Quadro 8.

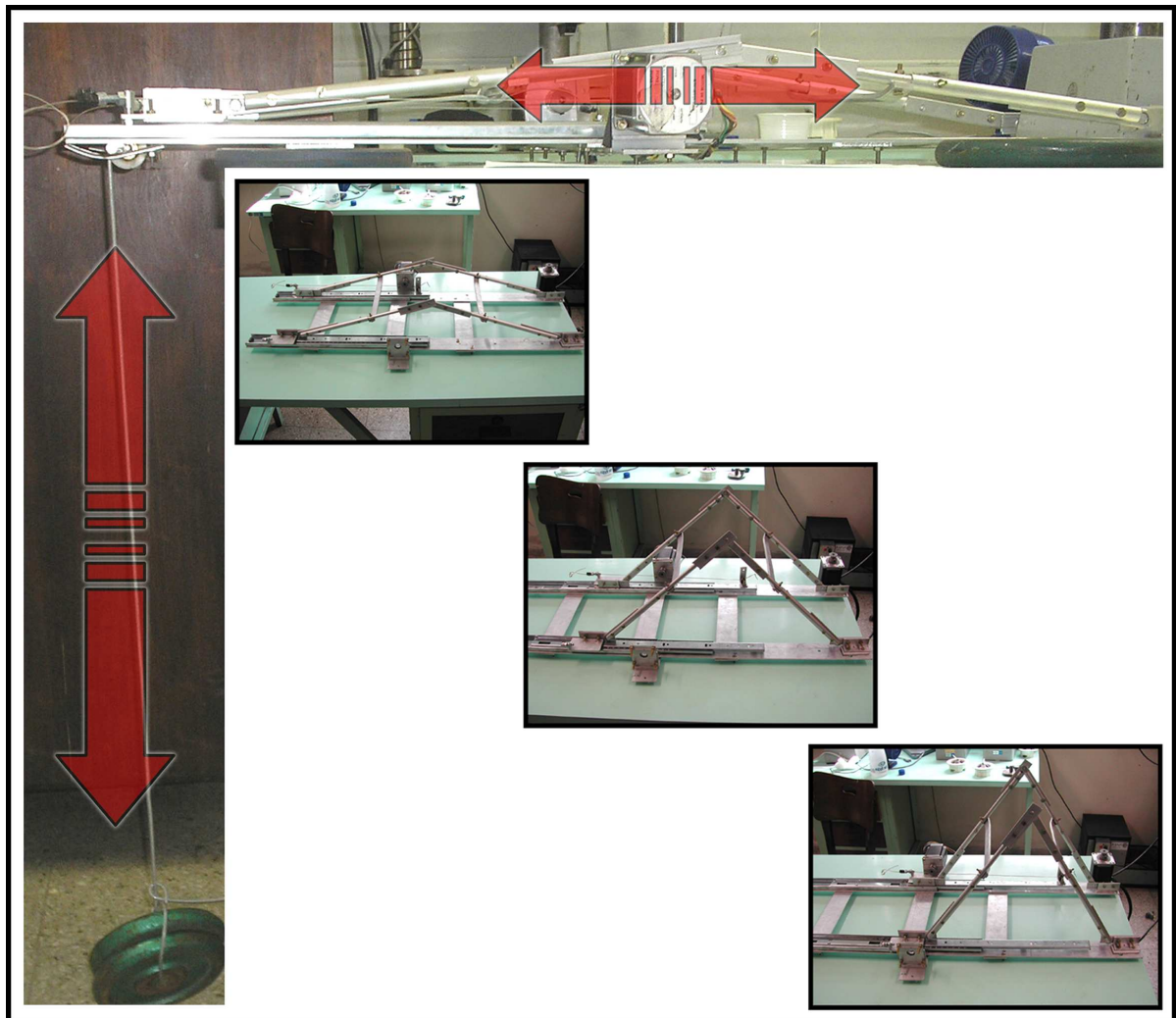


Figura 45 – Teste de tração com pesos

Quadro 8 – Testes de tração.

Peso - Kg	Tempo / Segundos
0	22,49
2	22,50
6	22,52
8	22,49
10	22,51
16	22,52

#### 4.3.1 Proposta de Representação Gráfica de Protótipo

Com o objetivo de dar continuidade a pesquisa, o item 4.2.1 apresenta uma proposta de protótipo com base na experiência adquirida durante o processo de desenvolvimento da presente Dissertação.

O protótipo proposto apresenta o uso de apenas um motor, uma vez que o uso de motorização dupla se mostrou desnecessária após os testes descritos no item 4.2. Outro item que foi alterado foi o sistema de transmissão de movimentos do modelo funcional, sendo adotado um sistema de fuso, possibilitando assim a tração por meio de um único ponto, conforme Figura 46.

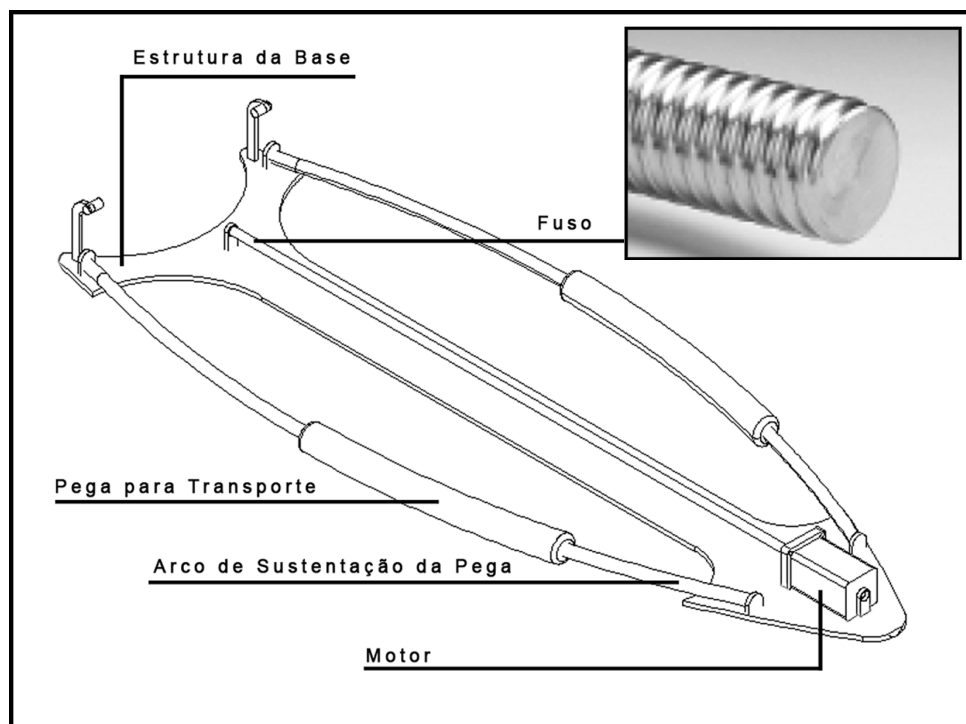


Figura 46 – Estrutura da Base com fuso em detalhe



A Figura 47 apresenta o processo evolutivo dos desenhos em 3D em vistas isométricas. Na lateral esquerda da Figura 47, observa-se que o protótipo recebeu uma carenagem, agregando funcionalidade e estética ao produto.

As Figuras 48 e 49 apresentam a aplicação do acrílico, enquanto que as Figuras 50 e 51 apresentam a aplicação de material plástico revestido com espuma, possibilitando desta forma, maior conforto ao usuário.

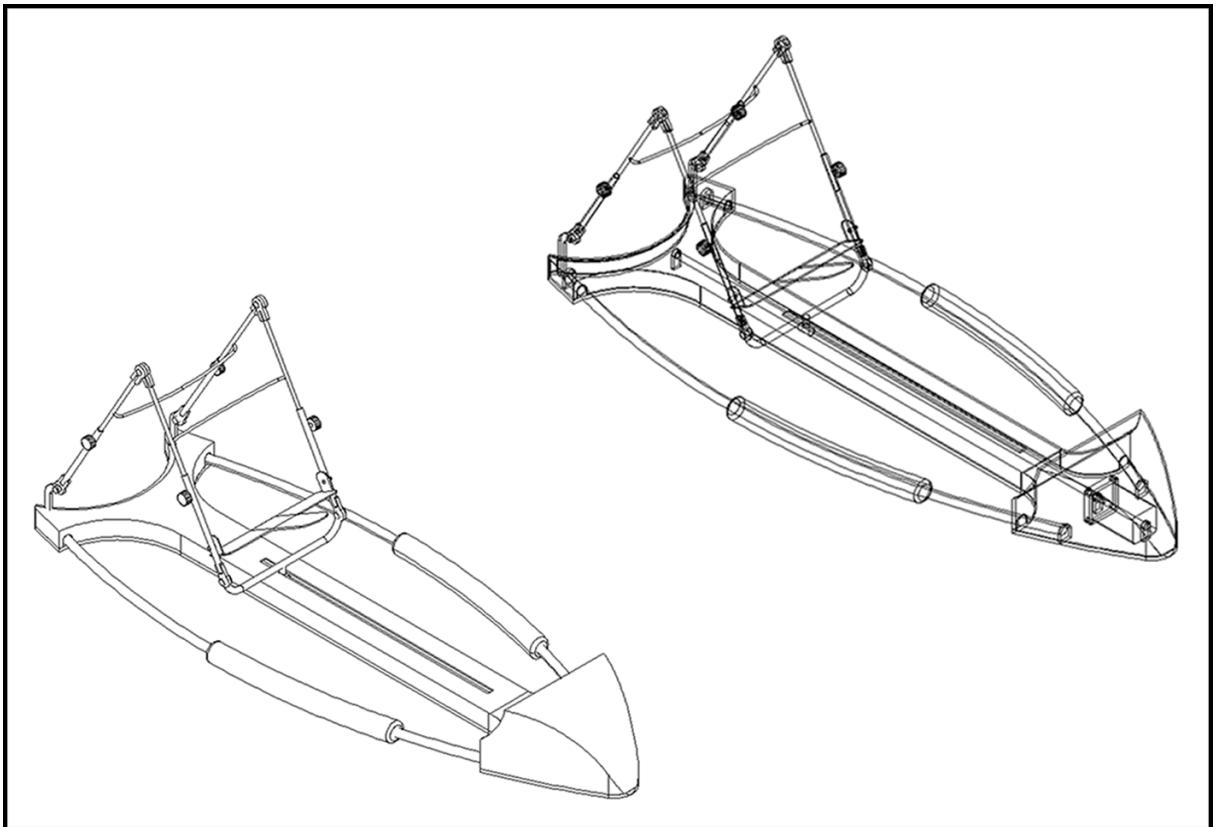


Figura 47 – Processo evolutivo 3D

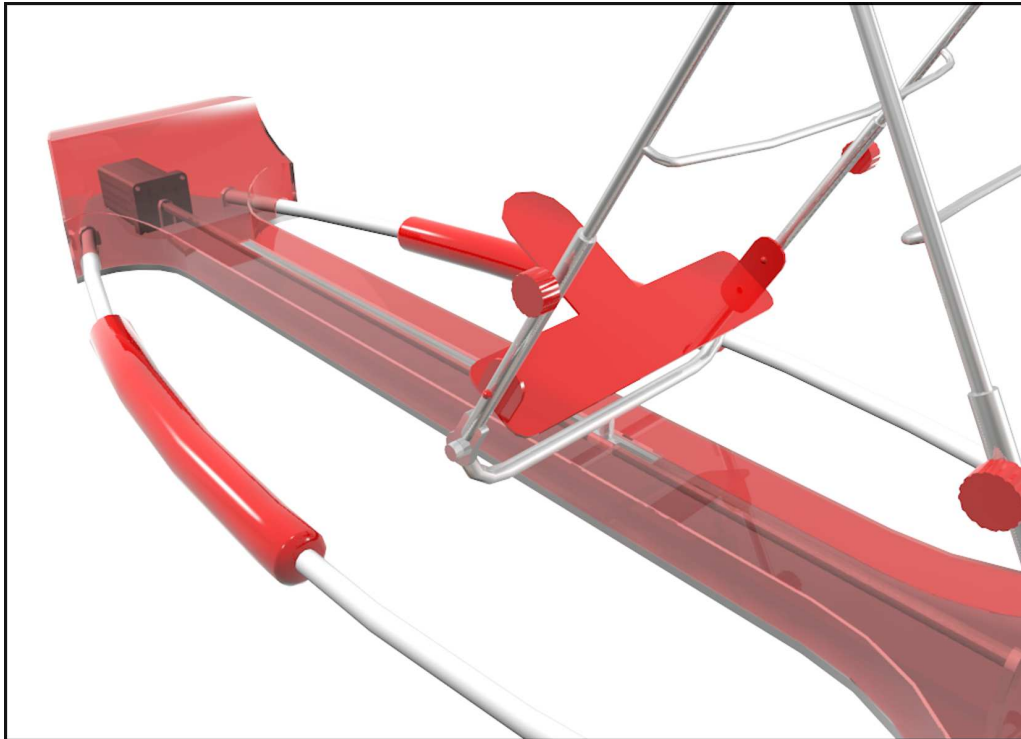


Figura 48 – Representação Gráfica do Protótipo – Vista Isométrica Posterior

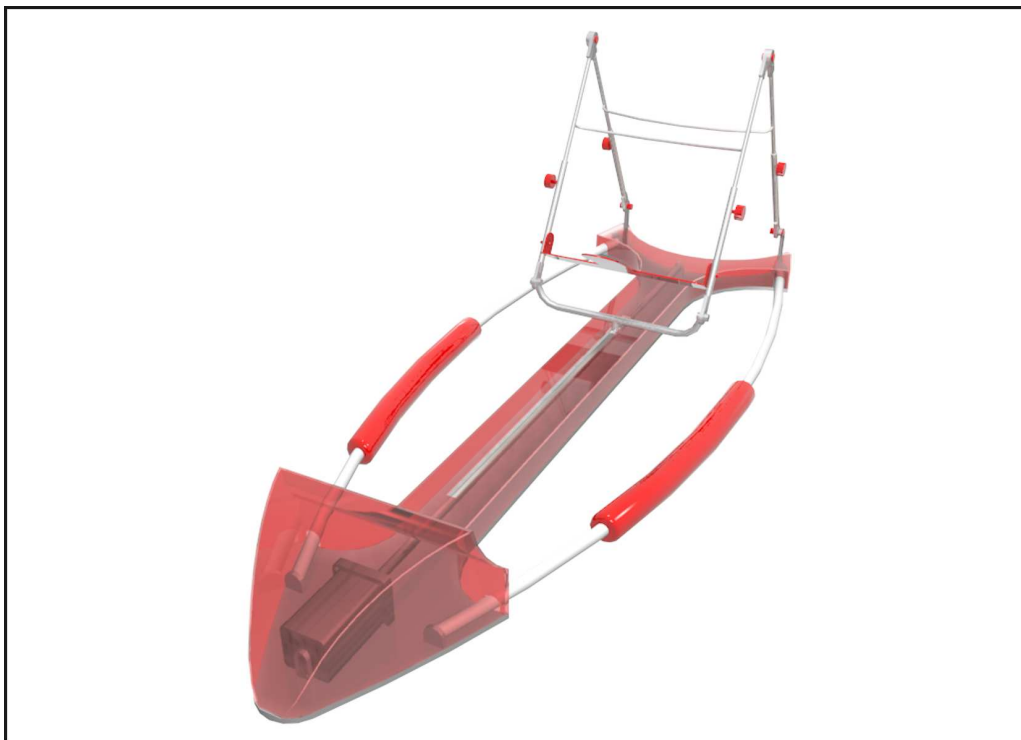


Figura 49 – Representação Gráfica do Protótipo – Vista Isométrica frontal

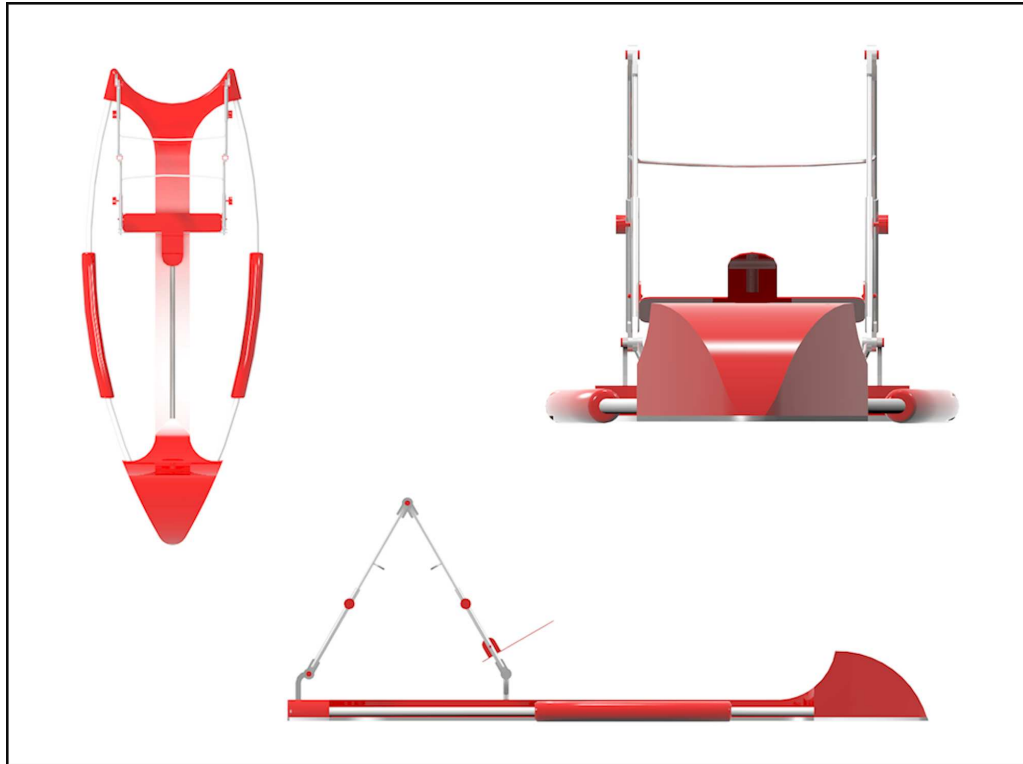


Figura 50 – Representação Gráfica do Protótipo – Vistas: Superior, Frontal e Lateral

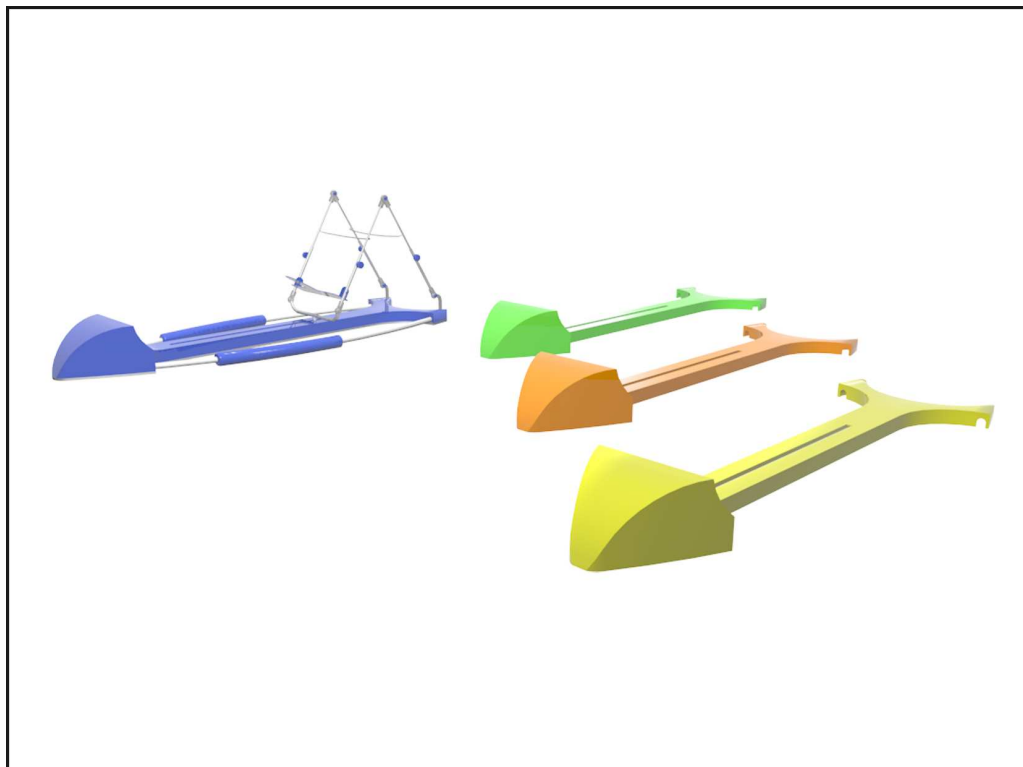


Figura 51 – Representação Gráfica do Protótipo – Estudo de cor

## CAPÍTULO V

### Considerações Finais

---

Este trabalho apresentou a proposta de um dispositivo programável de movimento passivo contínuo para membros inferiores assistido por computador, utilizando técnicas de automação flexível por meio da aplicação de tecnologia de máquinas de comando numérico (CNC).

Como foi apresentada no capítulo introdutório da presente pesquisa, a máquina de movimento passivo contínuo disponíveis no mercado possuem custo elevado em função da taxa de importação e do pequeno número de indústrias que produzem as mesmas, fato este que remete a pouca utilização destes equipamentos no Brasil, dado comprovado pelos questionários aplicados aos fisioterapeutas especialistas em lesões no joelho associados da Sociedade Nacional de Fisioterapia Esportiva (SONAFE) que possuem experiência em tratamento de lesões no joelho atuantes em diversas localidades do país.

Em função da experiência adquirida com o presente projeto, foi possível alcançar todos objetivos propostos, uma vez que, além de construir um modelo funcional para validar a proposta de software, foram realizados testes com o sistema mecânico adotado para transmissão de movimentos do modelo, bem como testes referentes a motorização utilizada, fato este que possibilitou evidenciar alguns problemas descritos ao longo da pesquisa.

Em uma análise comparativa com os equipamentos existentes no mercado, pode-se afirmar que a principal virtude do dispositivo programável de movimento passivo contínuo é, além da maior flexibilidade de programação, o gerenciamento das operações por meio do computador do próprio fisioterapeuta ou mesmo por computadores instalados em hospitais, pois mesmo na ausência deles, outra possibilidade é implementar uma unidade de comando no próprio equipamento, fato este que dispensaria o uso de computadores.

Outro fator que diferencia a presente proposta das máquinas de C.P.M. disponíveis no mercado é a possibilidade de repetição de diversos procedimentos sem que se faça necessário a constante configuração do dispositivo, sendo que estes podem ser configurados e re-configurados, fornecendo imensuráveis possibilidades de pesquisa por parte dos fisioterapeutas.

Embora o objetivo deste trabalho não tenha sido desenvolver um protótipo, o modelo funcional construído contribui de maneira significativa com relação à noção de custos de um futuro protótipo, girando em torno dos R\$ 1104,50 (Apêndice B).

Algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser registradas no presente documento, como por exemplo, a pesquisa junto a distribuidores de motores elétricos com o objetivo de avaliar diferentes possibilidades de motorização sem que este fato signifique aumento significativo no custo do protótipo, uma vez que o motor de passo foi selecionado para a pesquisa em função da experiência prévia do grupo de pesquisa. Ao pesquisar novas motorizações, também se faz necessário pesquisar novos sistemas de gerenciamento destes motores, pois embora tenham sido alcançados os objetivos propostos, os mesmos podem apresentar configurações distintas das apresentadas no presente projeto.

Dar continuidade a esta pesquisa representa aprimorar o produto deste trabalho com o fim de propor um protótipo com baixo custo comandado por um programa único de gerenciamento de funções contando com aplicações avançadas de ergonomia física por meio de estudos antropométricos e aplicações avançadas em ergonomia cognitiva, por meio de estudos de interface gráfica. A partir daí será possível promover a capacidade de armazenamento de dados referentes aos usuários do equipamento, possibilitando o monitoramento detalhado do processo evolutivo de cada paciente, fato este que representa uma valiosa ferramenta de pesquisa sobre o movimento passivo contínuo, tanto para membros inferiores quanto superiores.

## REFERÊNCIAS

ABBOTT, H. e TYLER, M. **Safer by design**. 2. ed. Aldershot Gower Publishing Ltd. e Design Council:1997.

ALVES, N.R.; **QFD- Desdobramento da Função Qualidade Aplicado ao Desenvolvimento de Software**, Dissertação de M.Sc., UFMG/Instituto de Ciências Exatas/Departamento de Ciência da Computação, Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, 2000.

ANTONIAZZI, Regina M. C.; DIAS J. F. da Silva. Benefícios da prática da musculação para idosos. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, Centro de Educação Física e Desportos. Núcleo Integrado de Estudos e Apoio à Terceira Idade - NIEATI. **Caderno Adulto**. Santa Maria: Imprensa Universitária/UFSM. 2000.

AURÉLIO. **Novo Dicionário**. 2.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986.

BACK, N. **Metodologia de Projeto de Produtos Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BANDEIRA, M. A. G. **Desenvolvimento de um Equipamento Programável para Micro e Pequena Empresa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

BAXTER, Mike. **Projeto de Produto**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

BERQUÓ, Elza Salvatori. Algumas considerações demográficas sobre o envelhecimento da população no Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE ENVELHECIMENTO: UMA AGENDA PARA O FIM DO SÉCULO. 1986, Brasília. **Anais do Seminário Internacional sobre Envelhecimento...** Brasília Ed; 1996.

BLAICH, Robert. **Gerenciamento de Design Global**. São Paulo: IESP/CIESP/DETEC/NSI-DI. Philips do Brasil, 1989.

BONSIEPE, Gui et al. **Metodologia Experimental: Desenho Industrial**. Brasília: CNPq / Coordenação, 1986.

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**. v. 27, n. 10, p. 745-758, 1992

CASTELLTORT X.; **CAD CAM Metodologia e Aplicações Práticas**, São Paulo, McGraw-Hill, 1988.

CERRI D.G.P. **Desenvolvimento de um sistema de aplicação localizada de calcário a taxas variáveis**. Dissertação (Mestrado em Máquinas Agrícolas) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

**CHATTANOOGA GROUP**, Disponível em : <http://www.chattgroup.com>] Acesso em: 11 de dezembro de 2005.

COHEN, M. **Lesões Musculares**. 2002. Disponível em: [www.institutocohen.com.br](http://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.

CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ERGONOMIA, VII; CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, XII. **Anais do ABERGO 2002** Galley, M. (2002). 50 years of ergonomics: where have we been and where are we going? I Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral. CD-Rom. Recife, PE.

COZ, J. L.; CHOS, D.. **Mesoterapia e traumatologia esportiva**. 2. ed. São Paulo: Andrei, 1989.

CROSS, Nigel. **Engineering Design Methods**. Strategies for Product Design. 3º edit. London: John Wiley&Sons., 2000.

CUSHMAN, W. H. e ROSENBERG, D. J. **Human factors in product design**. Amsterdam, Elsevier, 1991.

DUALIBI, R; SIMONSEN JR, H. **Criatividade**: A formulação de alternativas e Marketing. São Paulo: Editora McGraw Hill do Brasil/Abril Cultural, 1971.

FERREIRA, A. B. H. **Novo Aurélio século XXI**: o dicionário da língua portuguesa. 3.ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1999. 2128 p.

FISHER, W. (1991). Increasing **human factors effectiveness in product design**. Visions, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society. 35th. Annual Meeting. Santa Monica, CA, Human Factors Society, v. 1, 471-475.

GOELLNER, E. **Ferramenta Computacional para Acionamento de Motores de Passo Aplicados em Projeto de Equipamentos CNC**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

GOMES, L.V.N. **Criatividade**: Projeto desenho produto. Santa Maria, 2001.

GÜELL, A.M.; VILA, M.; **El arte de inovar en la empresa**. Barcelona, Planeta, 2001.

HARRIS, C.M.-T. **A study in the marketing of ergonomic expertise in the industrial setting**. Ergonomics, 33, 547-552, 1990

HASS – HOME ACCIDENT SURVEILLANCE SYSTEM. London, Government Consumer Accident Data and Safety Research, Department of Trade and Industry, 1998

HELANDER, M.G. **Forty years of the IEA**: some reflections on the evolution of ergonomics. Ergonomics. V. 40, N 10, p. 952– 961, 1997

HOLLMANN W., HETTINGER, T. **Medicina do Esporte**. Rio de Janeiro: Manoel, 1983.

IIDA, Itiro. **Ergonomia. Projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 1990.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARTIZATION. ISO 10303 -1056. **Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 1056: Application module: Configuration item**, Genebra 2005.

**ISOKINETICSINC**, Disponível em: [http://www.isokineticsinc.com/category/CPM\\_machines](http://www.isokineticsinc.com/category/CPM_machines)  
Acesso em: 21 outubro de 2004.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1976.

JENKINS, D.W. e DAVIES, B.T. “**Product safety in Great Britain and the Consumer Protection Act 1987**”. Applied Ergonomics, N. 20, p. 213-217. 1989.

JOHNSON DP. **Eastwood DM**: Bone beneficial effects of continuous passive motion after total condylar knee arthroplasty. Ann R Coll Surg Engl n. 74: p. 412-416, 1992.

JORDAN, P.W. **Designing pleasurable products**. London, Taylor & Francis, 2000

KISNER, C, COLBY, L. A. **Exercícios Terapêuticos**. Fundamentos e Técnicas. 2. ed., São Paulo – Manole, 1992.

KLEIN L., BROGUEIRA J. G, LOPES M; **Projetos em 2D dão lugar à comunicação visual**, *Revista CADesign*, Ano 10, n. 100, pp. 16-17, Março 2004.

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.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Ed 34, 1999.

MACHADO, Eng. Aryoldo. **Comando numérico aplicado às máquinas ferramentas**. São Paulo: Ícone Editora, 1986.

MAGEE, D.: **Orthopedic Physical Assessment**. Philadelphia, WB Saunders Co, 1987.

MAITLAND, G. D. **Peripheral Manipulation**, 2 ed, Boston, Butterworth, 1977.

MANNRICH, G. **Epidemiologia das lesões ocorridas na prática diária** (jogo e treino) de uma equipe de futebol profissional no período de Janeiro a Setembro de 2001. Florianópolis, 2001.



MCINNES J, LARSON MG, DALTROY LH et al: **A controlled evaluation of continuous passive motion in patients undergoing total knee arthroplasty**. JAMA v. 268: p. 1423-1428, 1992.

MITAL, A. e ANAND, S. "Concurrent design of products and ergonomic considerations". **Journal of Design and Manufacturing**, 2, 167-183, 1992.

**MUNDO CNC**, Disponível em: <http://www.mundocnc.com.br/basic7.htm>] Acesso em: 18 de agosto de 2006.

MURREL, K.F.H. (1975). **Ergonomics: man in his working environment**. London, Chapman & Hall, 496 p.

**PATENTSTORM**, Disponível em: <http://www.patentstorm.us/>] Acesso em: 12 novembro de 2006

PIAGET, Jean. L'épistemologie des relations interdisciplinaires". In: OCDE/CERI, **L'interdisciplinarité: problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités**. Paris, OCDE, 1972.

RENSTRÖM, Per A.F.H., LYNCH, Scott A. Lesões ligamentares do tornozelo. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. Jan/Fev. 1999, v. 5, n. 1, p. 13-21.

**PEGN**. São Paulo, São Paulo. Editora Globo. Outubro 2002. p. 44-51.

RAIMUNDO JUNIOR, F. N. **Programação de Máquinas de Comando Numérico: Uma Proposta de Linguagem Estruturada..** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

ROMANO, Leonardo Nabaes. **Modelo de Referência para o Processo de Desenvolvimento de Máquinas Agrícolas**. Tese submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção de grau de Doutor em Engenharia Mecânica. Florianópolis, 14 de Agosto, 2003.

RYAN, J. "The reasonable and foreseeable use of consumer products". Proceedings of the Third National Symposium on Human Factors and Industrial Design in Consumer Products. **Human Factors Soc.**, Santa Monica, CA, 163-172, 1982.

SAFRAN, M. R., MCKEAG, D. B.; CAMP, S. P. Van. **Manual de medicina esportiva**. Barueri: Manole, 2002.

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

SANDERS, M.S. e McCormick, E.J. **Human factors in engineering and design**. 7a. ed. New York, McGraw-Hill, 1993.

SOARES, M.M. e BUCICH, C.C. "**Segurança do produto: reduzindo acidentes através do design**". Estudos em Design. v. 8, maio, p. 43-67, 2000

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

VIANA, A.B. **Sistema Inteligente para o Ensino do Dedilhado Pianístico** – SIEDP. Dissertação (Mestrado em Inteligência Artificial) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1998.

VIDAL, M.C. (1993 [1991]) - **Os paradigmas em Ergonomia**. Conferência Central no Seminário Paradigmas de saúde do Trabalhador. DAMS/UFRJ, 1991. Reapresentado no II Congresso Latino-Americano de Ergonomia, Florianópolis, 1993.

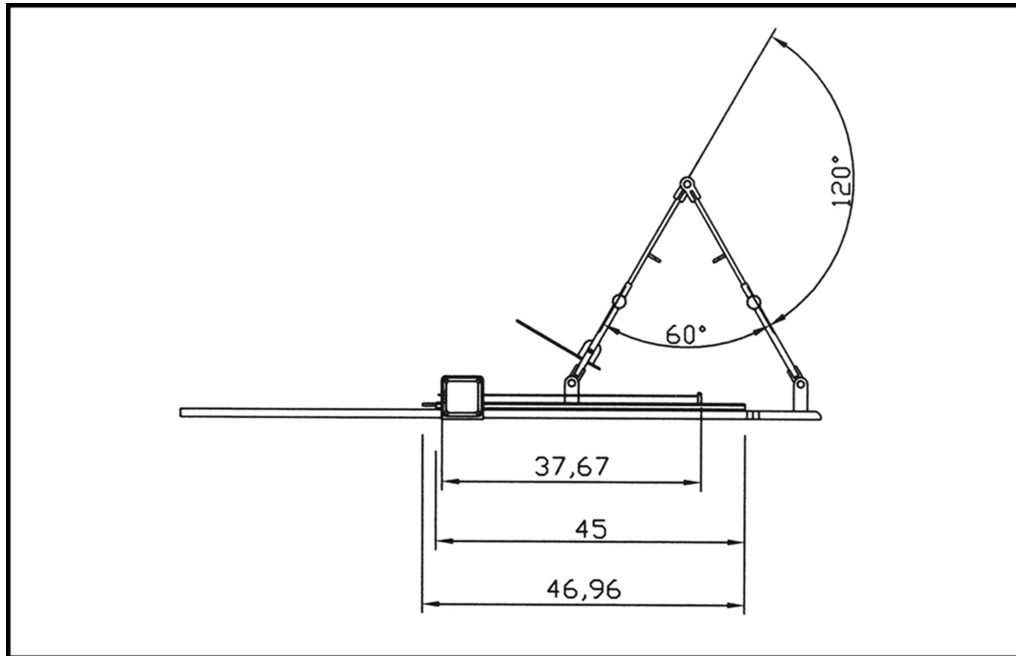
WEINECK, E. N. **Biologia do esporte**. São Paulo: Manole, 1990.

WELFORD, A.T. **Ergonomics**: where have we been and where are we going: I. Ergonomics, vol 19, No. 3, p. 275-286, 1976

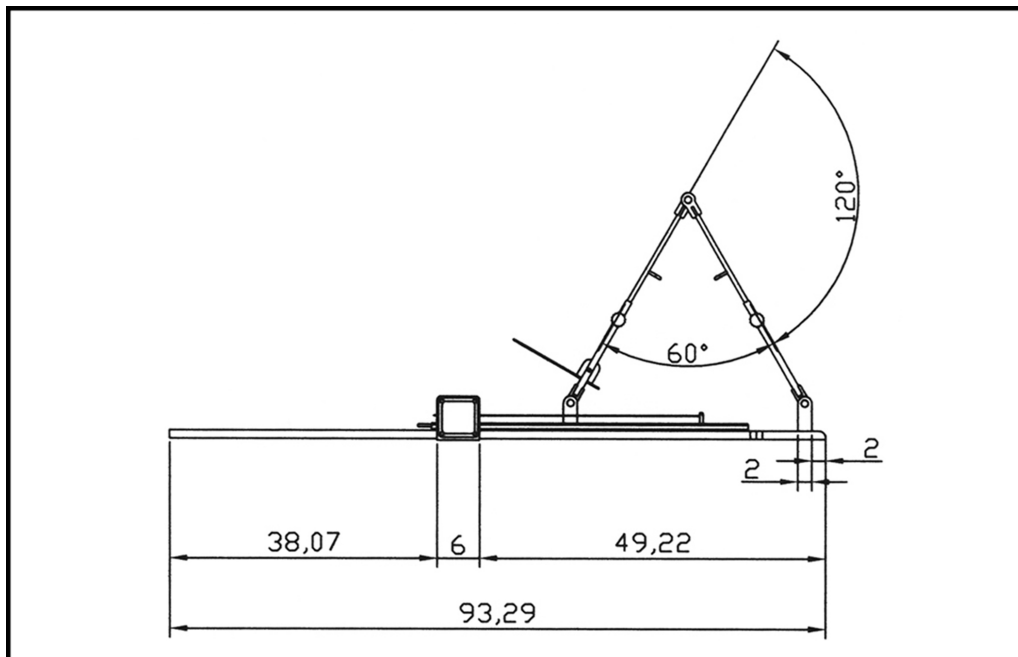
**WIKIPEDIA**, Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/LISP> Acesso em: 10 abril de 2006.

## APÊNDICES

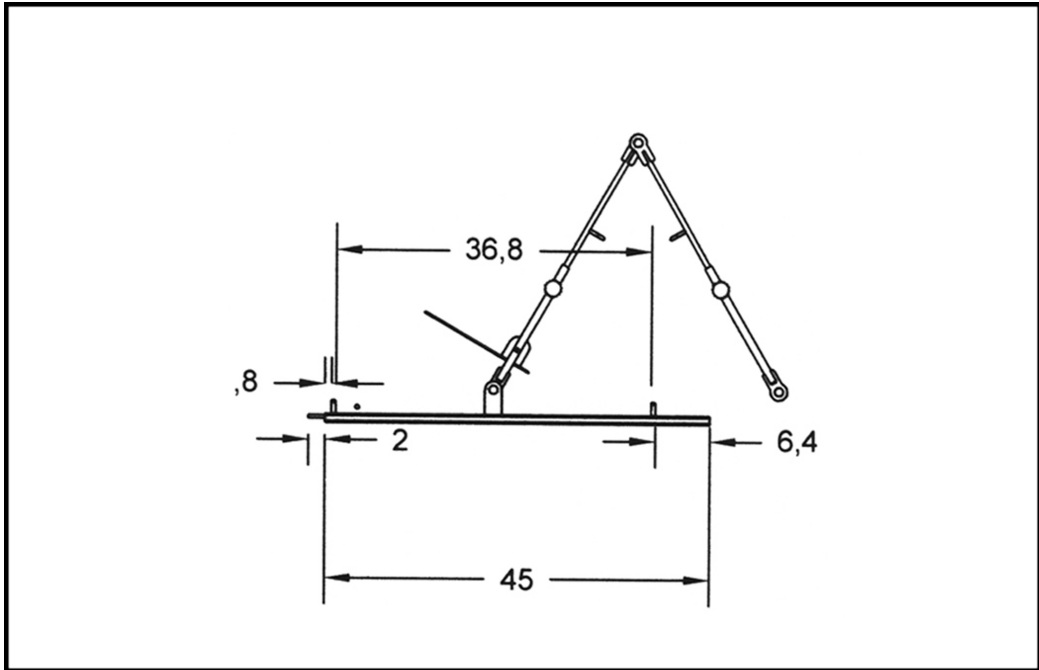
### Apêndices A – Desenhos Técnicos: Medidas em cm.



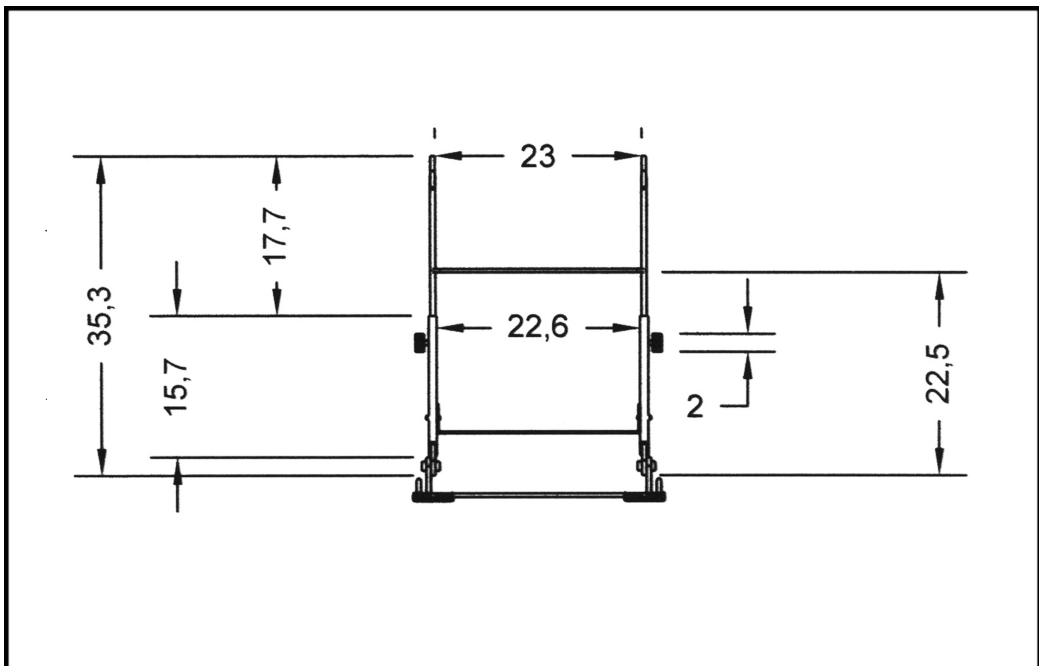
Vista Lateral com cotas em (unidade de medida: cm)



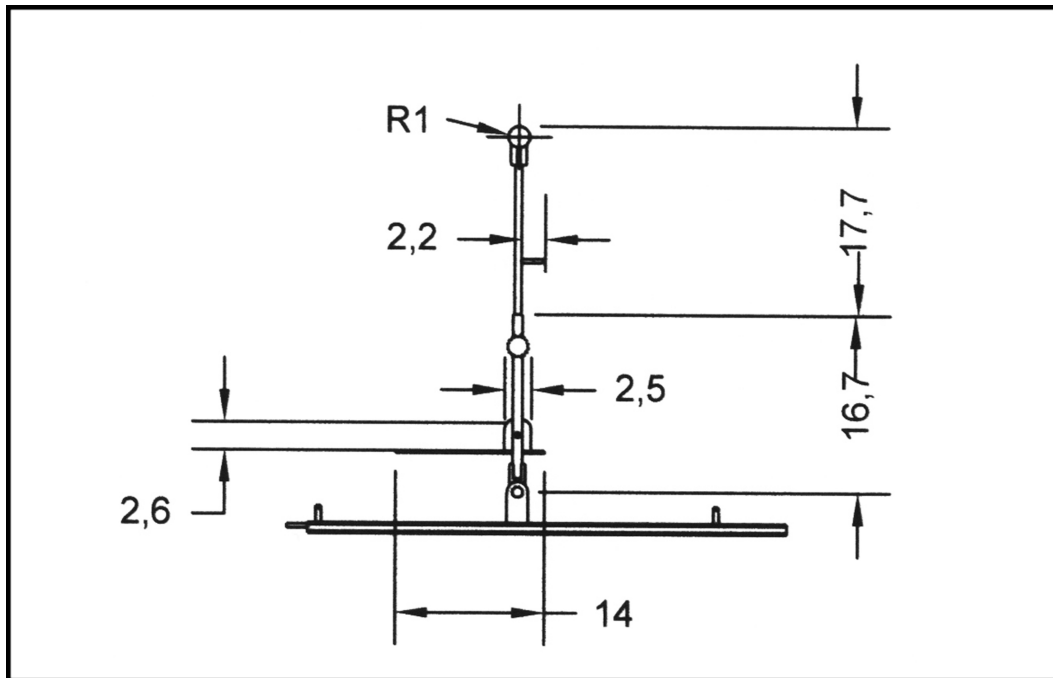
Vista Lateral com cotas gerais (unidade de medida: cm)



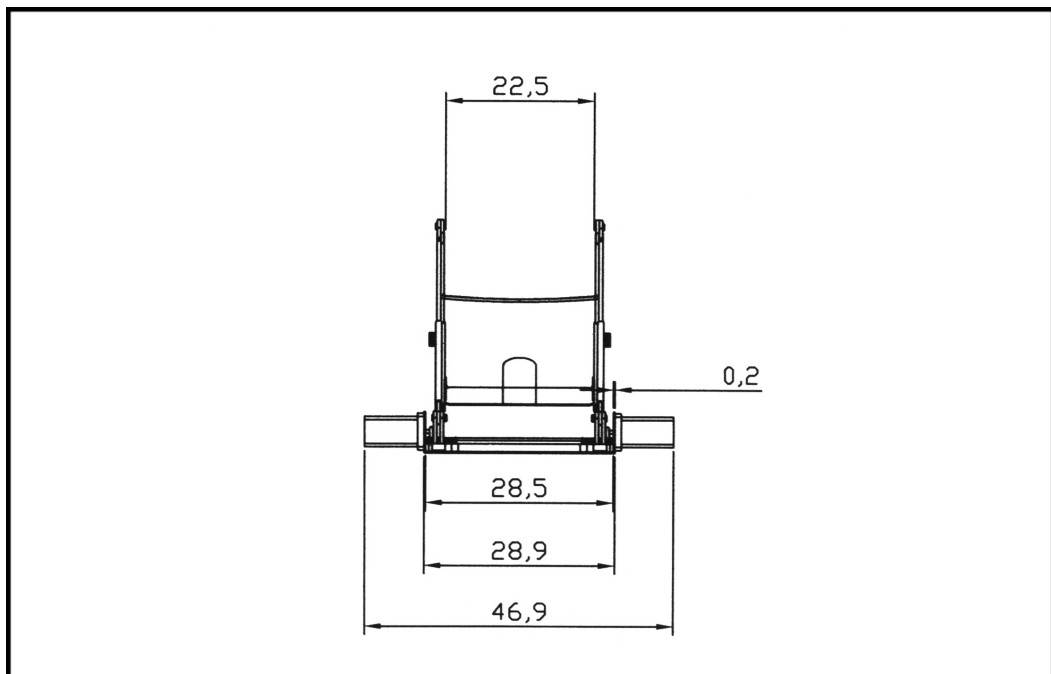
Vista lateral com cotas da corredeira (unidade de medida: cm)



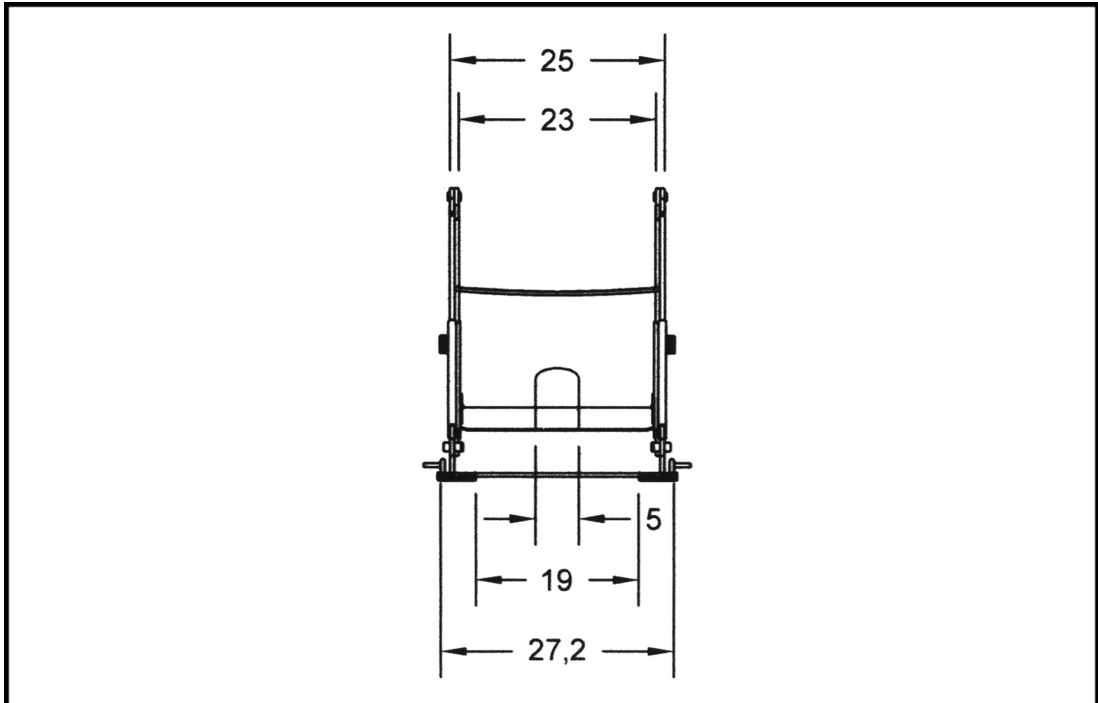
Vista Frontal – Cotas das hastes móveis (unidade de medida: cm)



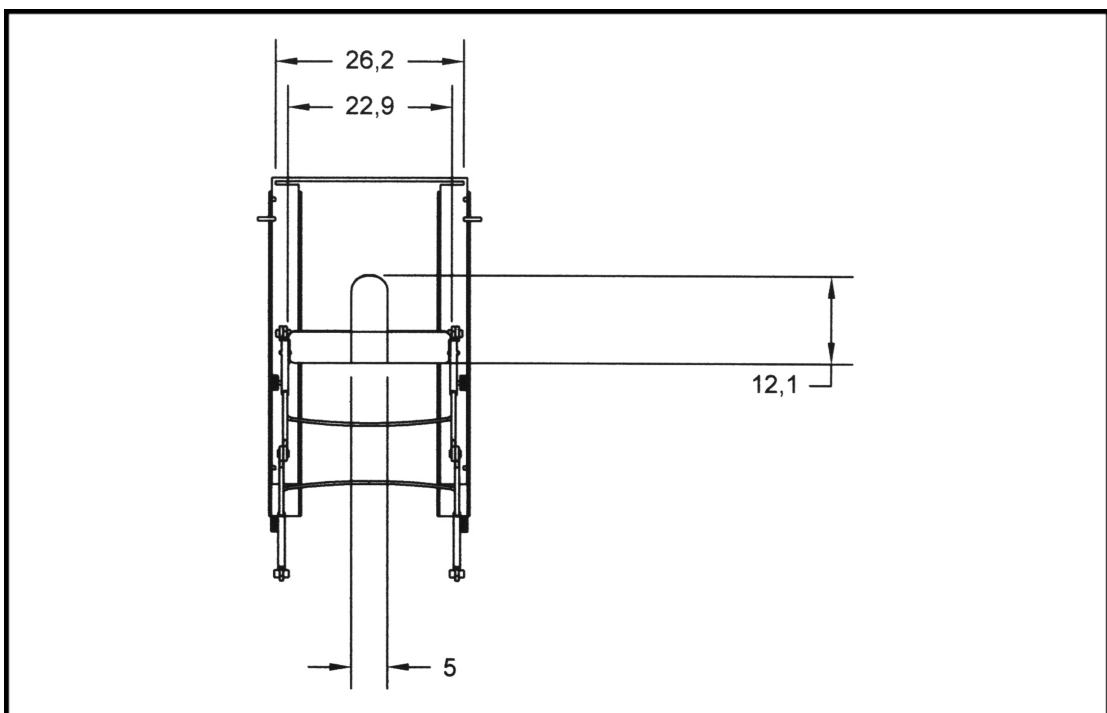
Vista Lateral – Cotas das hastes móveis (unidade de medida: cm)



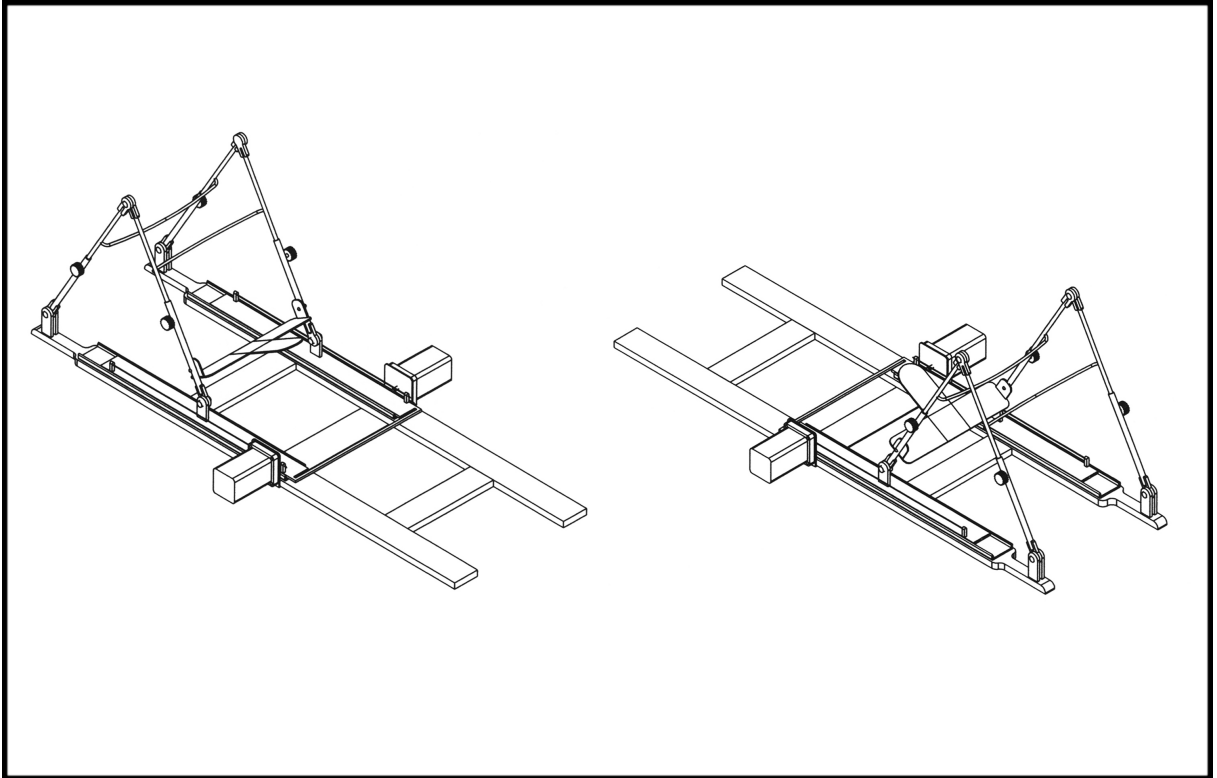
Vista Frontal – Cotas da largura (unidade de medida: cm)



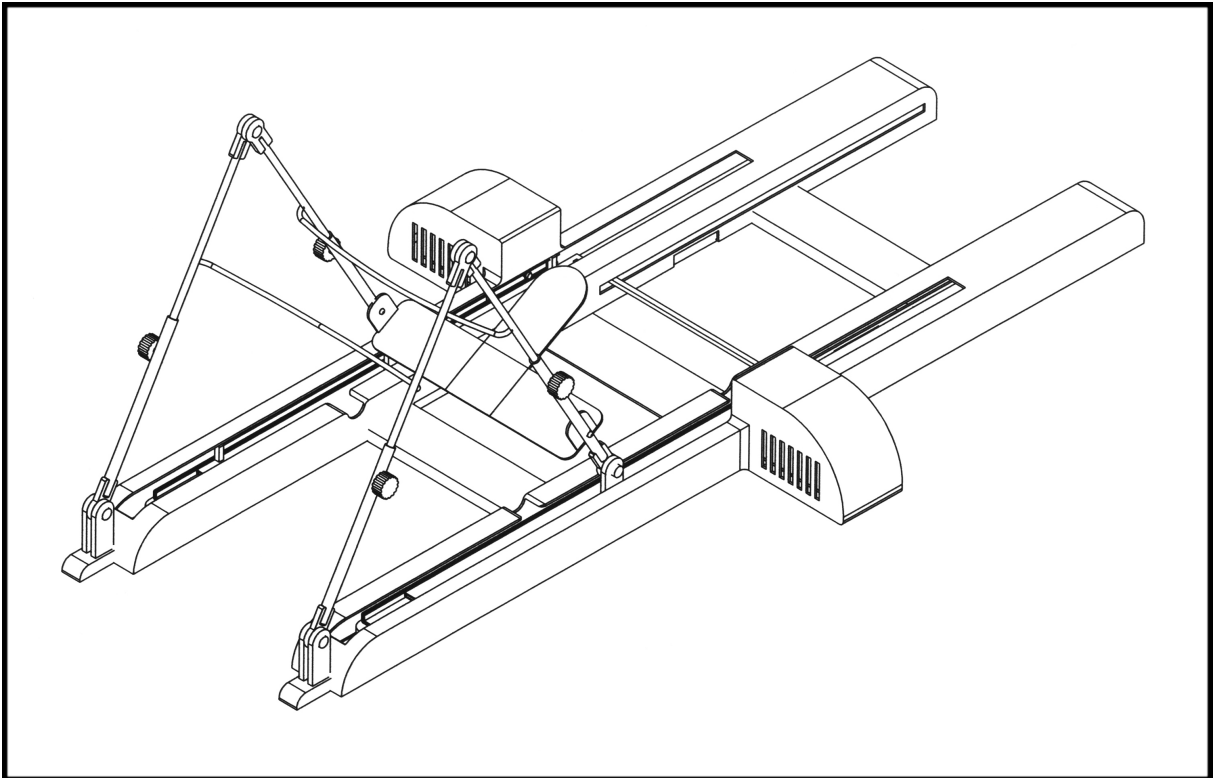
Vista Frontal – Cotas gerais da largura (unidade de medida: cm)



Vista Superior – Cotas pedaleira (unidade de medida: cm)

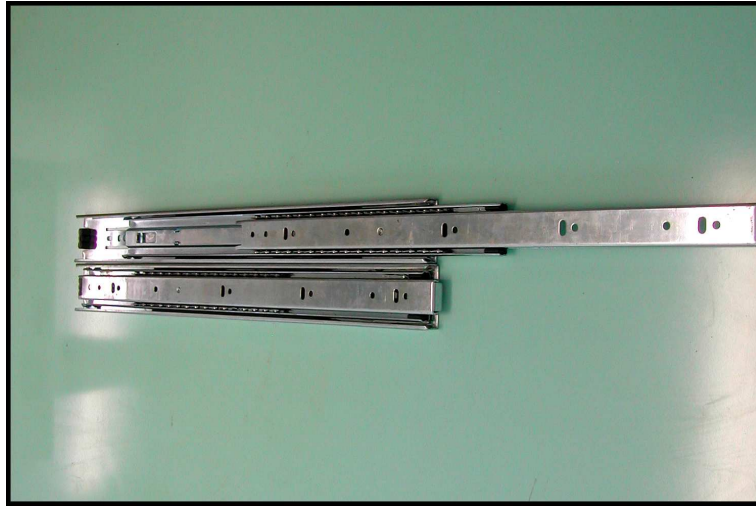


Alternativa selecionada – Vistas isométricas

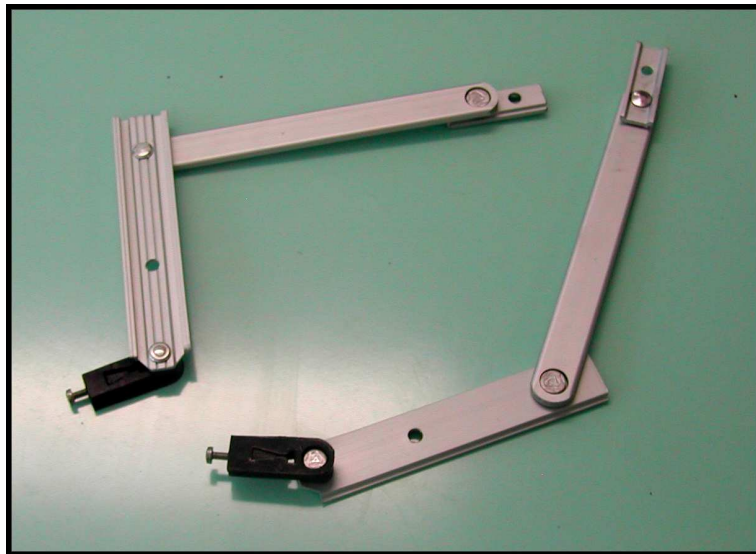


Estudo de carenagem do modelo funcional

## Apêndices B – Peças Utilizadas na Construção do Modelo Funcional



Corrediças

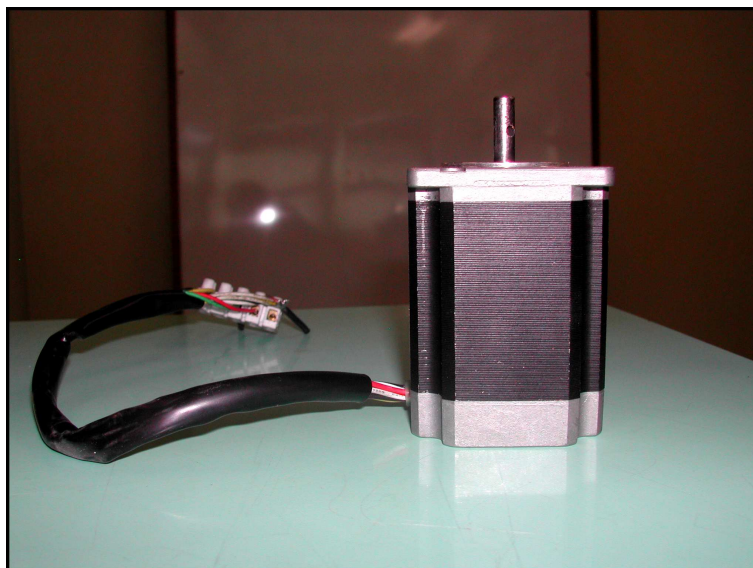


Articulações



Hastes de movimentação





Motor de passo – Modelo Nema 23 (1,8 DEG / 1,9 N.M / 2 Amp.)

Descrição	Nº de Peças	Valor Parcial	Valor Total
Chapa Alumínio	1	R\$ 30,00	<b>R\$ 1.104,50</b>
Perfil tubular Alumínio	1	R\$ 10,00	
Corrediça	2	R\$ 36,00	
Parafusos	10	R\$ 1,00	
Porcas	10	R\$ 1,00	
Arruelas	10	R\$ 1,00	
Cabo Nylon	1	R\$ 0,50	
Motor de Passo	2	R\$ 660,00	
Drive	1	R\$ 200,00	
Fonte de Alimentação	1	R\$ 150,00	
Dobradiça	2	R\$ 15,00	

Orçamento - Lista de Materiais

**Apêndice C – Questionário****Questionário**

**1 - Pesquisas evidenciam que a técnica do Movimento Passivo Contínuo usando máquinas de C.P.M. tem sido usada em mais de 15.000 hospitais em torno de 50 países no mundo. Na sua opinião, no mercado brasileiro este produto:**

Não é utilizado ( )

É pouco utilizado ( )

É Utilizado ( )

É Muito utilizado ( )

---

**2 - Os C.P.M. existentes no mercado realizam um movimento de dobrar e esticar os membros inferiores. Na sua opinião, atribuir funções precisas e programáveis de amplitude, tempo, pausas e gerenciamento da evolução dos pacientes por meio de um banco de dados em seu próprio Computador seria:**

Nada importante ( )

Pouco importante ( )

Importante ( )

Muito importante ( )

---

**3 - Você utiliza dispositivos de movimento passivo contínuo? Por qual motivo?**