

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO**

Modelagem, Implementação e Controle de Sistemas Biomecânicos envolvendo Aspectos Cinemáticos

**Autor: Helder Anibal Hermini
Orientador: João Maurício Rosário**

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Curso: Engenharia Mecânica
Área de Concentração: Mecânica dos Sólidos e Projeto Mecânico

Tese de doutorado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica.

Campinas, 2000
S.P. – Brasil



2001016.86

UNIDADE	BQ
N.º CHAMADA:	
V.	Ex.
TOMBO BC/	4358
PROC.	16-392101
C	☐
D	☒
PREC.	R\$ 11,00
DATA	06/02/01
N.º CPD	

CM-00153656-5

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

H428m Hermini, Helder Anibal
Modelagem, implementação e controle de sistemas
biomecânicos envolvendo aspectos cinemáticos / Helder
Anibal Hermini.--Campinas, SP: [s.n.], 2000.

Orientador: João Maurício Rosário.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Servomecanismos. 2. Modelos matemáticos. 3.
Métodos de simulação. 4. Robótica. 5. Biomecânica.
6. Prótese. I. Rosário, João Maurício. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
Mecânica. III. Título.

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Helder Anibal Hermini
E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 08 2000.

João Maurício Rosário
ORIENTADOR

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA**

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Modelagem, Implementação e Controle de Sistemas Biomecânicos envolvendo Aspectos Cinemáticos

Autor: **Helder Anibal Hermini**
Orientador: **João Maurício Rosário**

72/00

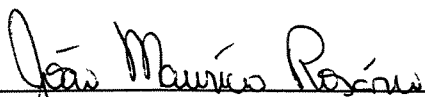
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
DEPARTAMENTO DE PROJETO MECÂNICO**

TESE DE DOUTORADO

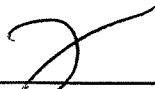
**Modelagem, Implementação e Controle de
Sistemas Biomecânicos envolvendo Aspectos
Cinemáticos**

Autor: **Helder Anibal Hermini**

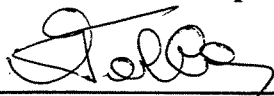
Orientador: **João Maurício Rosário**



Prof. Dr. João Maurício Rosário - Presidente
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP- FEM



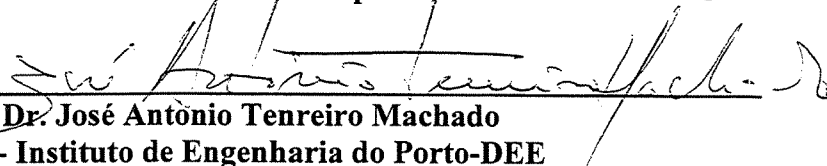
Prof. Dr. José Manuel Balthazar
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP- FEM



Prof. Dr. Geraldo Nonato Telles
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP- FEM



Prof. Dr. Marconi Kolm Madrid
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP- FEEC



Prof. Dr. José Antônio Tenreiro Machado
ISEP- Instituto de Engenharia do Porto-DEE

Campinas, 7 de agosto de 2000.

Dedicatória:

Dedico este trabalho a todos os mutilados, desejando que o empenho despendido nesta pesquisa possa contribuir em uma parcela significativa para a solução definitiva de seus sofrimentos.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Agradecimentos

Este trabalho não poderia ser terminado sem a ajuda de diversas pessoas às quais presto minha homenagem:

Ao Grande Arquiteto do Universo, que me iluminou, acompanhou e carregou quando cheguei em meu débil limite.

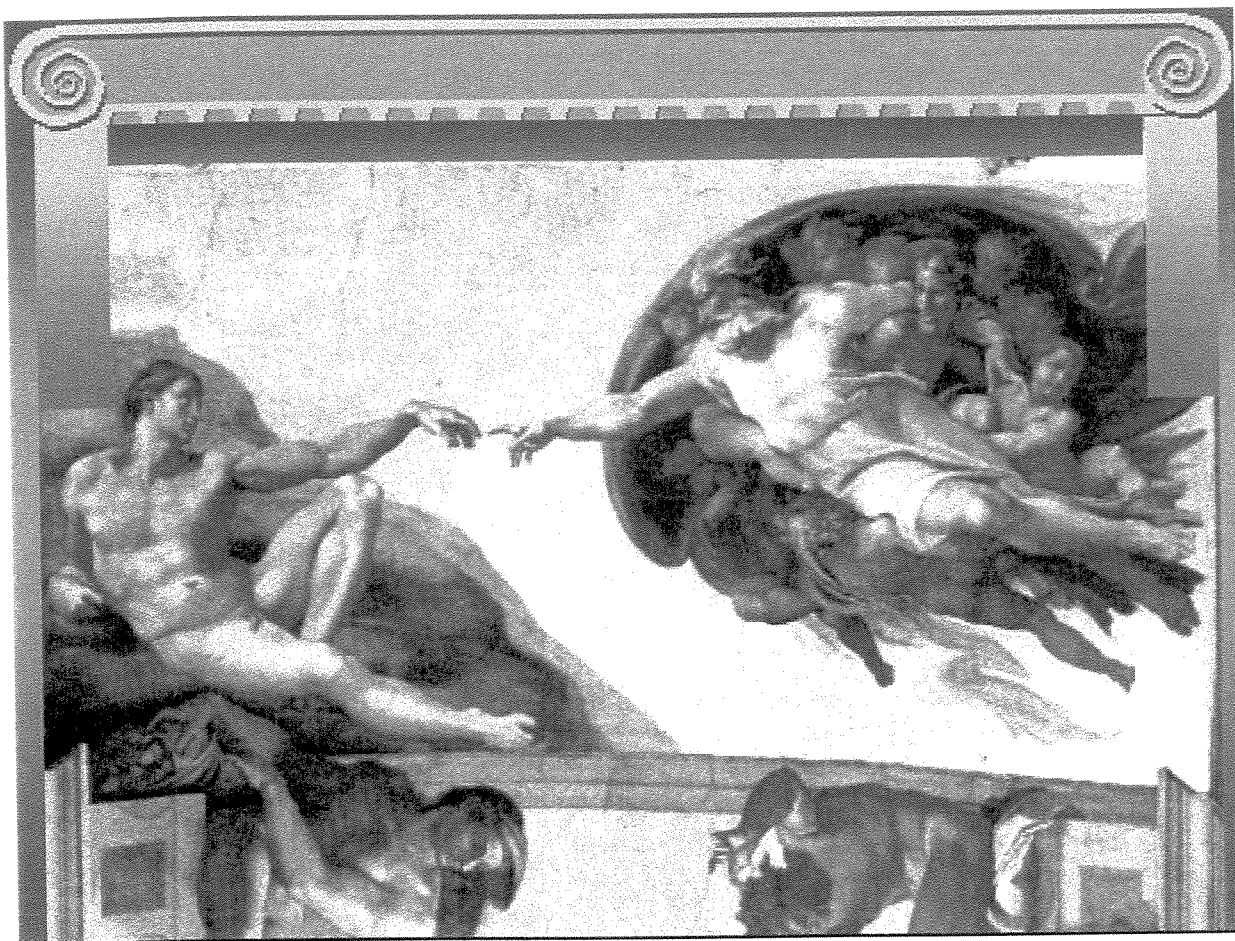
Aos meus pais José e Priscilla pelo continuo incentivo em todos os momentos da minha vida.

A minha eterna amada e companheira Anelise pelo apoio, carinho e inspiração.

Ao meu irmão, amigo e orientador Professor João Maurício, que nunca deixou de estender sua mão para mim, que me mostrou e me acompanhou no trilhar de cada passo de minha iniciação filosófica durante estes sete anos de minha vida.

Aos meu irmãos Helton e Helba que me apoiaram em muitos instantes.

Aos amigos e irmãos Iório, Miro, Adelson, Saramago, Ferreira, Jocarly e Paulo que se provaram sinceros aliados, demonstrando em todos os instantes a verdadeira forma da lealdade e da solidariedade.



“Então, formou o SENHOR DEUS ao homem do pó da terra e lhe soprou nas narinas o fôlego da vida, e o homem passou a ser alma vivente”
Gn.2.7

Resumo

HERMINI, Helder Anibal, *Modelagem, implementação e controle de sistemas biomecânicos envolvendo aspectos cinemáticos*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 412 p. Tese (Doutorado).

Neste trabalho, a partir de considerações anatômicas, fisiológicas, cinesiológicas e robóticas, foi desenvolvida uma metodologia de modelagem cinemática usada na elaboração de programas computacionais com a finalidade de simulação e controle de movimentos típicos das articulações tanto de membros superiores quanto inferiores, visando o controle de próteses de membros artificiais, como também monitorar o tratamento de plegias em geral, no processo de reabilitação motora artificial. Além disso, para validar parte da modelagem teórica desenvolvida, foram elaborados dois experimentos que objetivam a implementação de próteses, enfatizando a aplicação de sistemas de controle, acionamento e transmissão análogos ao mecanismo natural.

Palavras Chave

Robótica, Prótese, Biomecânica

Abstract

HERMINI, Helder Aníbal, *Modelagem, implementação e controle de sistemas biomecânicos envolvendo aspectos cinemáticos*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2000. 412 p. Tese (Doutorado).

In this work, starting from anatomical, physiological, kinesiological and robotics considerations, was developed a cinematic modeling methodology used in the elaboration of computational programs with the purpose of simulation and control of typical movements of the articulations so much of superior as inferior limbs, seeking the control of prostheses of artificial limbs, as well as to monitor the plegias treatment in general, in the process of artificial motive rehabilitation. Besides, to validate part of the developed theoretical modeling, were elaborated two experiments that objectify the prostheses implementation, emphasizing the application of control, activation and transmission systems similar to the natural mechanism.

Key Words

Robotic, Prosthesis, Biomechanic

Índice

1	Introdução.....	1
2	Revisão Bibliográfica – Estudo de Próteses	5
2.1	Introdução	5
2.2	A evolução das próteses	5
2.3	Considerações gerais sobre próteses de membros inferiores	8
2.4	Considerações gerais sobre próteses de membros superiores	17
2.5	Cineplastia.....	25
2.6	Últimos avanços em próteses de membros superiores.....	26
2.7	Tendência da pesquisa de próteses de membros antropomórficos	40
2.8	Comentários finais	45
3	Anatomia e a Fisiologia dos Membros Superiores e Inferiores	47
3.1	Introdução	47
3.2	Estrutura articular dos membros superiores.....	47
3.3	O Sistema muscular dos membros superiores	51
3.4	Análise fisiológica articular e cinesiológica da Cintura Escapular.....	54

3.5	Movimentos fundamentais do Cotovelo	57
3.6	Movimentos do Punho	58
3.7	Movimentos dos Dedos	59
3.8	Individualidade da flexão e da extensão dos dedos	61
3.9	Extensores das articulações interfalângicas	61
3.10	Movimentos do Polegar	63
3.11	As formas de apreensão da mão humana	65
3.12	Estrutura articular dos membros inferiores.....	74
3.13	Músculos que atuam nos membros inferiores	79
3.14	Comentários finais.....	80
4	Modelagem Cinemática do Sistema Articular Humano	81
4.1	Introdução	81
4.2	Conceitos de modelagem matemática de manipuladores antropomórficos	85
4.3	O Modelo Geométrico do Sistema Articular Humano	92
4.4	Descrição cinemática de uma prótese antropomórfica	101
4.5	Problema Cinemático Inverso	103
4.6	Descrição matemática de uma prótese robótica antropomórfica com N GL.....	104
4.7	Matriz Jacobiana	105
4.8	Metodologia da Inversa Generalizada	107
4.9	Comentários finais e conclusões parciais do capítulo.....	108
5	Simulação de Movimentos de Próteses	109
5.1	Introdução	109

5.2	Aplicativos da modelagem	110
5.3	Implementação Computacional para a Obtenção da Orientação do Efetuador	115
5.4	Simulação dos Movimentos Básicos da Cintura Escapular Humana.....	115
5.5	Conclusões finais	121
6	Realização Experimental	123
6.1	Introdução	123
6.2	Protótipo experimental de um dedo antropomórfico.....	124
6.3	Sistemas de acionamento de próteses utilizando ligas de memória de forma.....	134
6.4	Conclusões finais	144
7	Resultados, Conclusões e Perspectivas Futuras	145
	Referências Bibliográficas	149
	Anexo I Aspectos anatômicos e fisiológicos do sistema muscular e nervoso.....	157
	Anexo II Modelagem Cinemática e simulação computacional.....	221
	Anexo III Identificação de Parâmetros – Metodologia utilizada	295
	Anexo IV Módulos Implementados em Sistema de Desenvolvimento ALTERA	307
	Anexo V Sites Importantes sobre Próteses e Órteses.....	315

Lista de Figuras

Capítulo 2

2.1	Evolução das Próteses de membros inferiores.....	6
2.2	Evolução das próteses de membros superiores	7
2.3	Próteses de membros inferiores convencionais completas	8
2.4	Componentes de próteses de membros inferiores.....	9
2.5	Tipos de joelho atualmente aplicados em próteses	11
2.6	Componentes de próteses de membros inferiores.....	12
2.7	Componentes de próteses de membros inferiores.....	12
2.8	Mecanismos do sistema articular de prótese de membros inferiores	13
2.9	Próteses de Perna 3C100C-3C100 C-Leg® desenvolvida pela OTTO BOCK.....	14
2.10	Pé pro dinâmico com movimento multiaxial Plus 1D25.....	15
2.11	Pé multiaxial de resposta dinâmica1C40 C.....	15
2.12	Próteses de Perna e Pé desenvolvidos pela Korec	16
2.13	Ferramentas terminais de prensão	18

2.14	Sistema de preensão de gancho.....	19
2.15	Mãos passivas estéticas	20
2.16	Mecanismo da mão APRL	21
2.17	Evolução de abertura da mão APRL.....	21
2.18	Punho universal de esfera com alavanca de posicionamento.	22
2.19	Prótese de cotovelo	23
2.20	Cotovelo Ergométrico 12K44 –OTTO BOCK.....	24
2.21	Cineplastia do bíceps	26
2.22	Sistema de prótese mioelétrica experimental da era de 1960.....	27
2.23	Prótese mioelétrica para coto curto.....	28
2.24	Prótese de membro superior UTAH.....	29
2.25	Detalhes construtivos de prótese de mão mioelétrica.....	30
2.26	Prótese mioelétricas.....	31
2.27	Detalhes do funcionamento de próteses mioelétricas	33
2.28	Detalhes construtivos de mão mioelétrica OTTOBOCK.....	34
2.29	Controlador proporcional DMC (modelo LS para sistemas de mão 2000).....	36
2.30	Detalhes de construção e utilização do sistema de prótese mioelétrica LIBERTY	38
2.31	Treinamento do sistema muscular para emissão de sinal mioelétrico	40
2.32	Termosensores	44

Capítulo 3

3.1	Sistema articular do membro superior.	48
3.2	Sistema articular da mão humana.	50
3.3	Movimentos da articulação do cotovelo.	57
3.4	Sistema de acionamento e transmissão de um dedo de uma mão humana.	60
3.5	Quatro posições básicas do dedo.	62
3.6	Formas de preensão da mão humana I.	66
3.7	Formas de preensão da mão humana II.	67
3.8	Formas de preensão da mão humana III.	68
3.9	Formas de preensão da mão humana IV.	69
3.10	Formas de preensão da mão humana V.	70
3.11	Formas de preensão da mão humana VI.	70
3.12	Formas de preensão da mão humana VII.	71
3.13	Formas de preensão da mão humana VIII.	72
3.14	Formas de preensão da mão humana IX.	73
3.15	Sistema articular do membro inferior (hemisfério direito).	74
3.16	Sistema articular do pé (hemisfério direito).	75

Capítulo 4

4.1	Volume de trabalho dos membros superiores e inferiores do corpo humano.	83
4.2	Volume de trabalho da cintura escapular humana.....	84
4.3	Sistema de Referencia utilizado.....	85
4.4	Transformação direta de coordenadas.....	87
4.5	Posição e orientação de ima prótese robótica de membro superior	88
4.6	Estrutura Cinemática do Sistema Articular do membro superior humano.....	95
4.7	Estrutura Cinemática do Sistema Articular do membro superior humano – mão. .	96
4.8	Estrutura Cinemática do Sistema Articular do membro inferior humano.....	99
4.9	Estrutura Cinemática do Sistema Articular do membro inferior humano - pé.	100
4.10	Malha de controle de posição do dedo.....	107

Capítulo 5

5.1	Planta do manipulador	116
5.2	Disposição Espacial dos eixos de rotação.....	117

Capítulo 6

6.1	Apresentação da Planta e do Protótipo confeccionado	125
-----	---	-----

6.2	Protótipo desenvolvido e interface de monitoramento e controle.	126
6.3	Modelo representativo de um sistema articular de três graus de liberdade.	128
6.4	Malha de controle de posição do dedo.....	130
6.5	Estrutura de acionamento e controle.	132
6.6	Estrutura de controle implementada.	133
6.7	Malha de controle cinemático direto e inverso implementada em controlador....	134
6.8	Estrutura de uma fibra muscular natural	135
6.9	Simbologia dos músculos artificiais	136
6.10	Mecanismo do efeito da memória de forma.	137
6.11	Variação do comprimento de um fio de SAM em função da temperatura.	138
6.12	Junta básica de um membro ativada por módulos acionadores integrados	139
6.13	Detalhes construtivos do sistema articular rotacional de 1 GL acionado por acionador linear de liga de metal de memória de forma NITINOL	140
6.14	Montagem da bancada experimental do sistema articular rotacional acionado por acionador linear de liga de metal de memória de forma NITINOL	141
6.15	Controle de posição de junta	142
6.16	Diagrama esquemático do sistema de supervisão e controle da junta antropomórfica acionada por SMA.....	143

Lista de Tabelas

6.1 - Espaço de trabalho das articulações	127
---	-----

Nomenclatura

Letras Latinas

$A_{i,i+1}$ - matriz de transformação homogênea de rotação

$\underline{a}$ - versor ortonormal de orientação (aproximação do efetuador)

a_i - distância offset entre a interseção do eixo z_{i-1} com o eixo x_i até a origem o i -ésimo frame ao longo do eixo x_i (ou a menor distância entre os eixos z_{i-1} e z_i)

C_i - corpos móveis

C_0 - corpo fixo

d_i - distância entre a origem do $(i-1)$ -ésimo frame de coordenadas até a interseção do eixo z_{i-1} com o eixo x_i ao longo do eixo z_{i-1} .

$J(\theta)$ - matriz Jacobiana

$J(\theta)^{-1}$ - matriz Jacobiana inversa

F - função não linear que descreve a posição e a orientação do elemento terminal da cadeia

L_i - vetor de translação

$\underline{n}$ - versor ortonormal de orientação normal às direções o e a

o_i - sistema de referenciais locais

p - vetor posição

Q - vetor das coordenadas generalizadas angulares ou prismáticas das juntas

q_i - coordenadas generalizadas das juntas

R - referencial

RPY - ângulos de Row, Pitch, Yall

$\underline{s}$ - versor ortonormal de orientação (orientação)

T_n - matriz de transformação

$\underline{X}$ - vetor posição ($X, Y, Z, \psi, \theta, \phi$), onde os três primeiros termos denotam a posição cartesiana e os três últimos a orientação do órgão terminal.

$\underline{X}_{m \times 1}$ - vetor ($m \leq 6$) que representa a posição e a orientação do elemento terminal da prótese no espaço de trabalho em coordenadas cartesianas.

Letras Gregas

α_i - ângulo offset entre os eixos z_{i-1} e z_i medidos no eixo x_i

β - parâmetro de correção relacionado a junta 1

γ - parâmetro de correção relacionado a junta 2

$\delta\theta$ - variação do incremento das variáveis articulares

$\delta\underline{X}$ - diferencial de deslocamento do elemento terminal da prótese

$\Delta\theta_1$ - deslocamento real efetuado pela junta 1

$\Delta\theta_2$ - deslocamento real efetuado pela junta 2

$\underline{\theta}_{n \times 1}$ - vetor que representa os graus de liberdade da junta antropomórfica, onde n representa o número de graus de liberdade da prótese.

θ_{1R} - ângulo real da junta 1

θ_{1R} - ângulo real da junta 1

θ_{2R} - ângulo real da junta 2

θ_{3R} - ângulo real da junta 3

θ_{1C} - ângulo consignado pelo controlador para a junta 1

θ_{2C} - ângulo consignado pelo controlador para a junta 2

θ_{3C} - ângulo consignado pelo controlador para a junta 3

θ_i - ângulo de junta feito entre os eixos x_{i-1} e x_i no eixo z_{i-1}

Abreviações

CC - corrente contínua

IN - impulsão – sentido negativo

IP - impulsão - sentido positivo

NITINOL - liga metálica de Níquel com Titânio

SMA - shape memory alloy

Siglas

LAIR - Laboratório de Automação Integrada e Robótica

Capítulo 1

Introdução

A evolução tecnológica de órteses e próteses têm direcionado o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa multidisciplinares na área de Automação e Robótica, principalmente na geração de projetos de braços e pernas artificiais, como também no estabelecimento de leis de controle em estimulação mioelétrica aplicada a processos de reabilitação, visando substituir na íntegra parte do corpo que foi perdida funcionalmente [VANRIPER, 1992].

O desenvolvimento de membros articulares artificiais, como também a estimulação mioelétrica de músculos, exige o desenvolvimento de um modelo cinemático, que expresse o movimento dos membros em termos dos seus graus de liberdade dependentes. O desenvolvimento destes modelos constitui um grande desafio, pois, apesar do grande número de técnicas de modelamento matemático e de simulação hoje disponíveis, não apresentam eficiência desejada quando aplicados em tarefas clínicas [TOMOVIC, 1962].

Várias características observadas em sistemas biológicos introduzem um alto grau de complexidade, devido ao modelo dinâmico do complexo ser multi-variável, apresentando alto grau de não linearidade e redundância e um forte grau de acoplamento entre suas articulações, dificultando a determinação de parâmetros [GALHANO, CARVALHO, TENREIRO, 1992].

A elaboração de próteses inteligentes deve ser feita por analogia comparativa com o complexo antropomórfico natural considerando aspectos relacionados com a estrutura,

transmissão, acionamento e controle dos acionadores neuromusculares naturais ou artificiais, a partir de estimulação mioelétrica a qual gerência um algoritmo de geração de trajetória baseada no modelo físico matemático do sistema articular humano [SPEETER, 1992].

Neste trabalho, sendo levados em consideração aspectos anatômicos, fisiológicos e cinesiológicos dos membros superiores e inferiores do corpo humano, foi desenvolvido o modelo cinemático semelhante ao mecanismo natural o qual é utilizado como base para o projeto de sistemas artificiais como também na parametrização do controle mioelétrico de membros antropomórficos superiores e inferiores.

Utilizando o modelo cinemático gerado, foram elaborados programas computacionais com a finalidade de reproduzir e gerenciar o deslocamento espacial do sistema articular humano. Para validar fisicamente a modelagem desenvolvida, foram elaborados dois protótipos, sendo um do sistema articular de um dedo no qual foi implementada e testada parte da metodologia desenvolvida e o outro um sistema articular de um grau de liberdade acionado por metal de memória de forma (SMA).

Este trabalho é subdividido em sete capítulos. No capítulo 1 são apresentados os objetivos e prioridades gerais de pesquisa, relevando sua real importância e a estruturação da metodologia implementada em seu andamento e concretização.

No capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica sucinta da história da evolução das próteses de membros inferiores e superiores desde as primordiais até as mais avançadas próteses mioelétricas, enfatizando os aspectos de suas arquiteturas.

Devido a necessidade do conhecimento da estrutura esquelética e muscular humana, tanto anatômicamente, quanto fisiologicamente, quanto cinesiológicamente, no capítulo 3 é feito um sumário do sistema esquelético e muscular dos membros superiores e inferiores.

Aplicando os conceitos de articulação e acionamento naturais, verificados no capítulo 3, no capítulo 4 é descrito um modelo cinemático representativo simplificado do sistema articular

humano, tanto para membros superiores quanto para membros inferiores que visa o estabelecimento de referenciais locais relacionados espacialmente por vetores de translação e matrizes de transformação homogênea de rotação.

A partir do modelo geométrico descrito no capítulo 4, no capítulo 5 é apresentada uma descrição da implementação computacional, descrevendo os algoritmos computacionais elaborados, baseados no modelo geométrico gerado para o sistema articular antropomórfico dos membros superiores e inferiores. Este capítulo é iniciado com a descrição da estrutura destes programas, seguido da apresentação e análise dos respectivos resultados das simulações computacionais efetuadas.

Para consolidar e validar parte da teoria desenvolvida nos capítulos precedentes, no capítulo 6 são descritos os procedimentos e principais resultados experimentais realizados no transcorrer deste projeto de pesquisa. Num primeiro experimento, foi implementado um manipulador antropomórfico com três articulações planares análogo ao dedo da mão humana onde foram avaliados algoritmos de modelagem cinemática direta e inversa apresentados anteriormente. Ao mesmo tempo, foi implementada uma junta articular de um grau de liberdade acionado por um atuador linear utilizando metal de memória de forma (SMA), onde foi avaliada a possibilidade da utilização em trabalhos futuros desses elementos num protótipo antropomórfico com mais graus de liberdade.

Finalmente, no capítulo 7, apresentam-se as conclusões finais e perspectivas futuras, as quais motivam a continuação do estudo e desenvolvimento deste trabalho, principalmente no que tange a estruturas de controle semelhantes a do sistema natural, usando lógica fuzzy e redes neurais artificiais, como também o desenvolvimento do modelamento dinâmico do sistema artificial, para que se possa dimensionar estrutura, acionamento e controle de uma prótese cibernética, utilizando os sinais mioelétricos enviados pelo cérebro do usuário para gerenciar sua operação.

Para não haver a quebra da seqüência lógica no desenvolvimento do texto, dados fundamentais para a compreensão e desenvolvimento do trabalho aplicado são apresentados em anexo de modo que, no anexo I é mostrado um Atlas resumido da anatomia do sistema muscular

dos membros superiores e inferiores, uma descrição sucinta do sistema nervoso humano, um estudo biomecânico dos processos da marcha e da corrida humana e um estudo do controle mioelétrico de próteses. No anexo II é descrita a metodologia para aplicação da parametrização de Denavit-Hartenberg a sistemas manipuladores robóticos, os parâmetros do modelo cinemático antropomórfico de membros superiores e inferiores descritos no capítulo 4, os resultados de simulação computacional dos movimentos dos membros superiores e inferiores, os resultados de simulação de orientação espacial de ferramentas terminais antropomórficas. No anexo III é descrita a metodologia implementada para a calibração do dedo antropomórfico de 3GL descrito no capítulo 6. No anexo IV é descrito o sistema de aquisição e monitoramento das informações provenientes dos sensores de posição da junta antropomórfica acionada por um atuador linear, descrito também no capítulo 6 que foi implementado no sistema de desenvolvimento ALTERATM e no anexo V são mostrados os principais centros de pesquisa de próteses e seus respectivos endereços para contato.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica – Estudo de Próteses

2.1 Introdução

Neste capítulo é feito o estudo analítico de próteses, descrevendo inicialmente, de forma resumida, a histórica da evolução desta área, passando posteriormente para a descrição dos elementos constituintes de próteses de membros superiores e inferiores, enfatizando os aspectos construtivos destes sistemas articulares artificiais [BOCCOLINI, 1990].

É de suma importância a conscientização da deficiência apresentada nesta área, feita neste capítulo, que só é analisável perante a observação do estágio evolutivo dos protótipos disponíveis atualmente implementados medicamente, disponíveis em mercado. Ante o exposto, é possível se notar a necessidade do desenvolvimento de um modelamento analítico, baseado em conceitos de anatomia, fisiologia e cinesiologia, priorizando uma metodologia para a implementação de controle e geração de movimentos destes sistemas.

2.2 A evolução das próteses

A idéia de o Homem substituir membros amputados por artefatos mecânicos, vem de tempos remotos, havendo evidências de tentativas no período helênico e heneidico, sendo que a referência mais antiga a próteses, remonta ao ano 500 a.C.

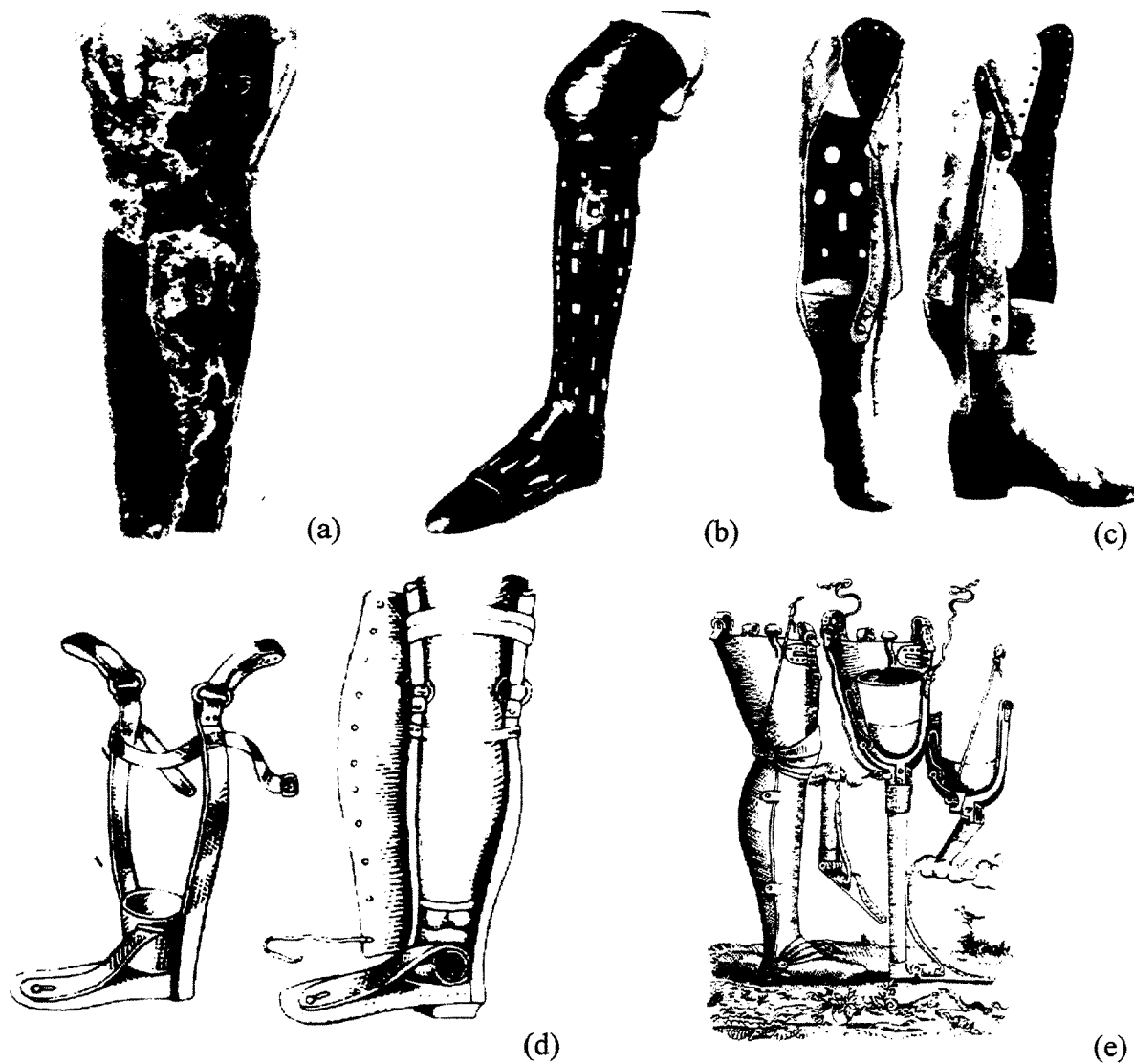


Figura 2.1 - Evolução das Próteses de membros inferiores:

- (a) Perna artificial, 300 a.C;
- (b) Perna estética do século XVI;
- (c) Prótese para pernas do século XVI;
- (d) Prótese para desarticulação do pé;
- (e) Primeira perna Articulada construída por Ambroise Paré no século XVI.

A primeira prótese conhecida foi descrita por Heródoto ao registrar as proezas de Hegistratos o qual foi preso e condenado à morte, conseguindo escapar do cárcere, cortando o próprio pé que estava preso a correntes. Depois que a ferida sarou, ele fez para si próprio um pé de madeira e voltou a servir o império persa.

Muitos pesquisadores no transcorrer da história universal têm tentado desenhar e construir próteses para o membro inferior ou superior, visando além da estética a funcionalidade, destacando-se como dois marcos nesta tarefa Ambroise Paré e Leonardo da Vinci, sendo que os mecanismos de movimentação de dedos, travas de joelhos e outros artifícios deixam-nos até hoje estupefatos com a capacidade inventiva destes cientistas.

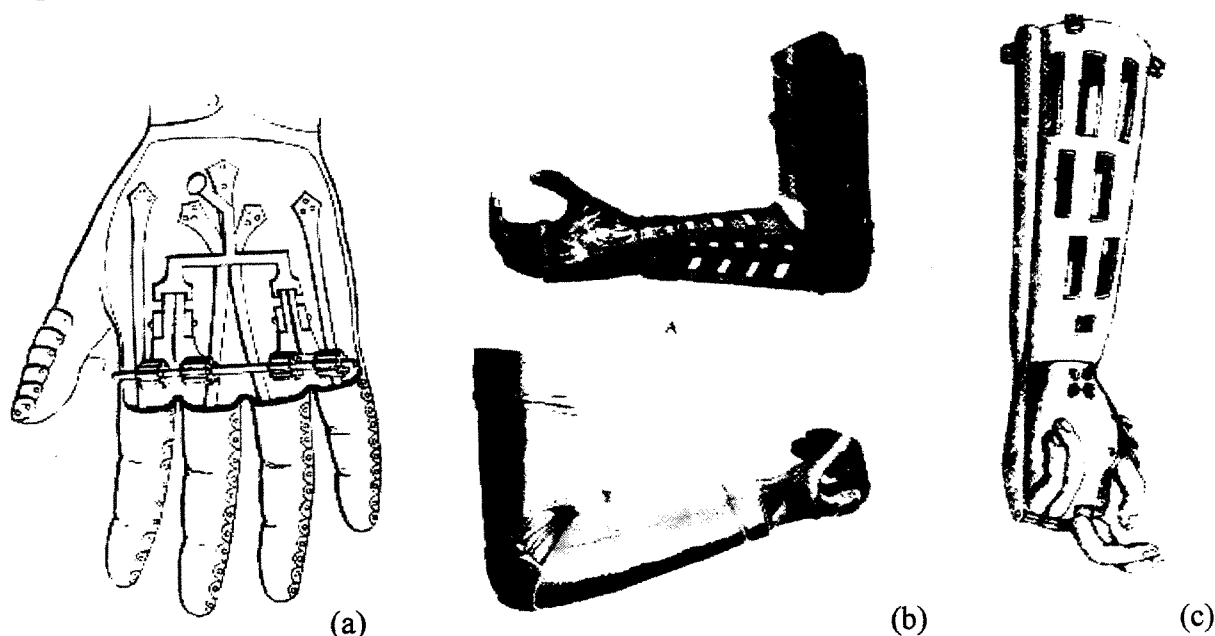


Figura 2.2 – Evolução das próteses de membros superiores:

- (a) Mão planejada por Ambroise Paré;
- (b) Prótese de braço dos séculos XV e XVI;
- (c) Próteses de antebraço, constituída por um polegar rígido e dedos indicador e médio movidos por botões na palma.

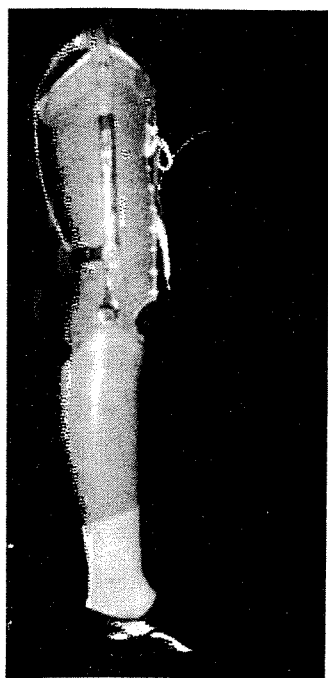
Artefatos arqueológicos, como uma prótese de madeira reforçada com bronze (figura 2.1(a)), possivelmente do ano 300 a.C., desenterrada em 1858, comprovam a veracidade destas narrativas antigas. No século XVI, eram confeccionados em madeira, “pilões” para servirem de suportes para o corpo.

A evolução desta área da ciência teve grande ênfase principalmente com o advento das grandes guerras mundiais e as decorrentes mutilações dos soldados, sendo que na 2ª Guerra Mundial se organizaram programas de pesquisa para membros artificiais.

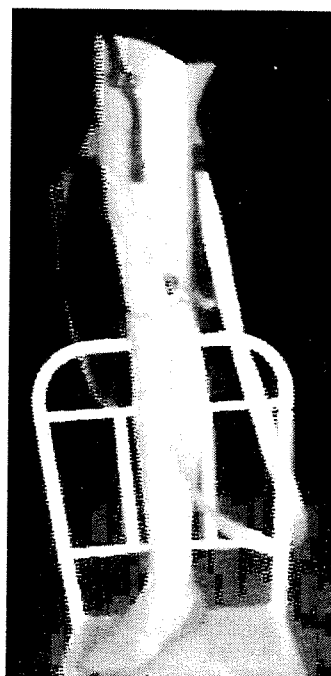
Atualmente, se enfatiza a utilização de próteses controladas por estimulação mioelétrica, utilizando os impulsos colhidos do próprio amputado, tratados e amplificados por todo um aparato eletrônico, porém, este sistema de controle ainda apresenta muitas deficiências, e a tecnologia envolvida é de domínio apenas de poucos laboratórios de pesquisa de primeiro mundo, sendo necessário o desenvolvimento tecnológico para que se possa permitir a aplicação destes sistemas a população que mais necessita do recurso, devido ao alto custo deste equipamento e da dificuldade apresentada para a instalação, treinamento e manutenção do membro artificial.

2.3 Considerações gerais sobre próteses de membros inferiores

Próteses de Membros artificiais podem ser divididos em várias categorias que são diretamente relacionadas aos diferentes graus de amputação [GLATTLY, 1963]. As categorias de próteses de membros inferiores estão relacionadas, como nos membros superiores ao grau de amputação do membro. Dentre os amputados de membros inferiores, há aqueles que possuem a níveis de amputação na desarticulação de tornozelo, abaixo do joelho, acima do joelho, e na desarticulação do quadril [BOWKLER, MICHAEL, 1992].



(a)

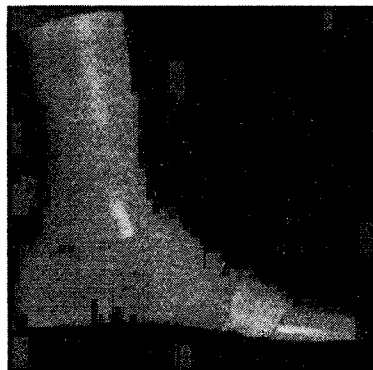


(b)

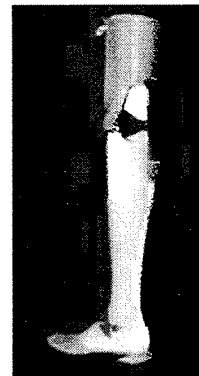
Figura 2.3 – Próteses de membros inferiores convencionais completas

As próteses de membros inferiores (figuras 2.3 (a), (b)) são montadas juntando-se várias partes, as quais são muito numerosas, conforme se trata de próteses para amputados abaixo ou acima do joelho ou desarticulação de todo o membro. Estas partes são:

- O pé, que é constituído pela junção do pé e do tornozelo (figura 2.4 (a)),
- A perna, que vai desde o pé até o joelho, tendo como por principal função ligar o pé à caneca (manguito da coxa) que abriga o coto (figura 2.4 (b)),



(a)



(b)

Figura 2.4 – Componentes de próteses de membros inferiores

- (a) Pé monoeixo - constituído por um só eixo que permite flexão e extensão do pé;
 - (b) Perna - construída geralmente em plástico laminado, madeira ou tubular em alumínio.
- O joelho (figura 2.5 (a)), que é o componente mais importante de uma prótese de membro inferior, pois efetua os movimentos da flexão e extensão da perna e do pé, sendo que as próteses de joelhos mais avançadas hoje em dia têm como mecanismos popularmente mais usados:
 - ❖ Sistema de joelho modular (figura 2.5 (d)), composto por um tarugo que se encaixa na bucha de náilon quando o joelho está estendido,

- ❖ O sistema de joelho modular com trava opcional, que apresenta maior segurança ao usuário, permitindo a caminhada em terrenos íngremes (figura 2.5 (e)),

Dentre estas partes destacamos:

- Sistema de travas auxiliares que estabilizam a prótese, facilitando o equilíbrio do corpo (figuras 2.6 (a), (b), (c)),
- O auxiliar de extensão, que é um componente ativo na fase da aceleração e passagem (mola ou elástico), auxiliando a tarefa da extensão do coto e da prótese que nele está acoplada (figuras 2.7 (a), (b)),
- O castelo de regulação de alinhamento articular e a suspensão de acoplamento que tem a função de fazer com que a prótese fique firmemente presa ao corpo do amputado,
- O coxal, que é destinado a parte das próteses que servem às amputações de coxas (figuras 2.8 (a), (b)),
- A articulação coxofemural, que nas desarticulações da coxa, substitui tal articulação, permitindo ao usuário a tarefa de se sentar (figura 2.8 (c)).

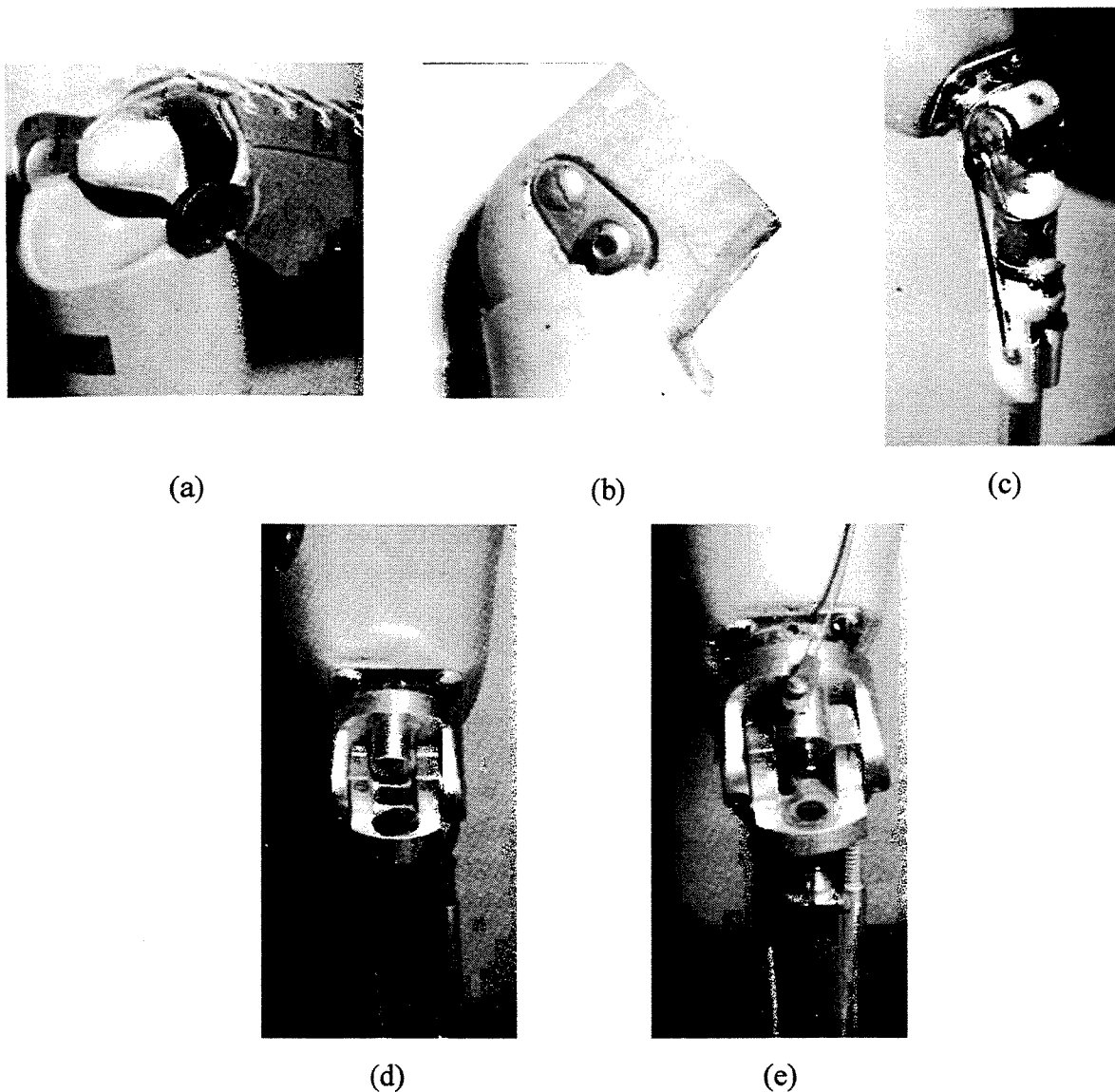


Figura 2.5 – tipos de joelho atualmente aplicados em próteses

- (a) Joelho monoeixo – a flexão-extensão é feita através de um eixo cônico;
- (b) Joelho fisiológico (jupa) – mecanismo de flexão-extensão com trava para bloqueio;
- (c) Joelho modular (jupa) – mecanismo de flexão-extensão e fixação de próteses modulares;
- (d) Joelho modular convencional - possui mecanismo de travamento com tarugo em bucha;
- (e) Joelho modular de trava opcional controlado por cabo-sistema mais estável de todos.

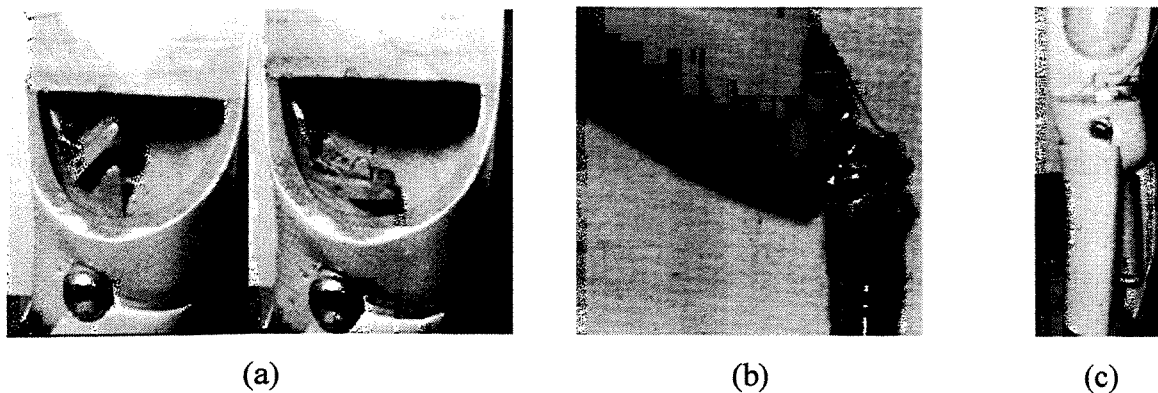


Figura 2.6 – Componentes de próteses de membros inferiores

- (a) Sistema de travas auxiliares abertas e fechadas
- (b) Sistema de travas auxiliares de joelho modular;
- (c) Sistema de travas auxiliares de prótese de joelho moldada em plástico laminado.

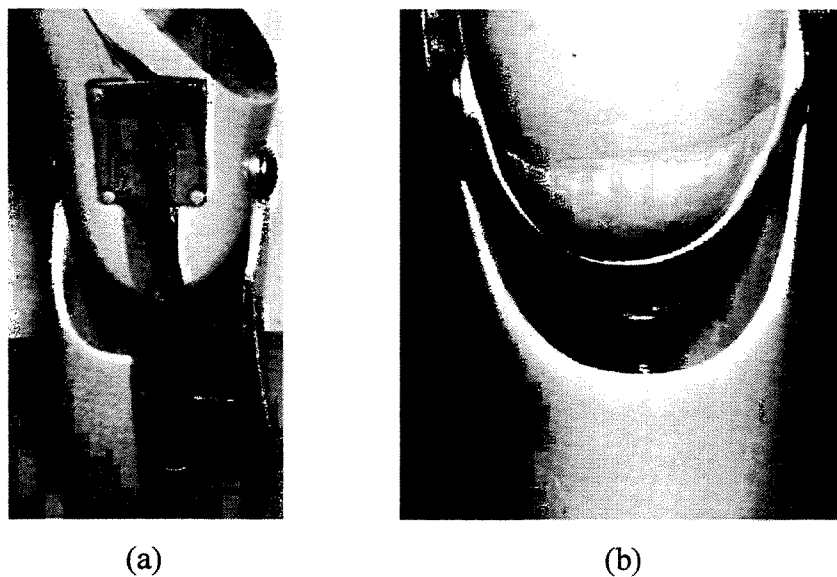


Figura 2.7 – Componentes de próteses de membros inferiores

- (a) Extensor de mola interno (vista lateral);
- (b) Extensor de mola interno (vista frontal).

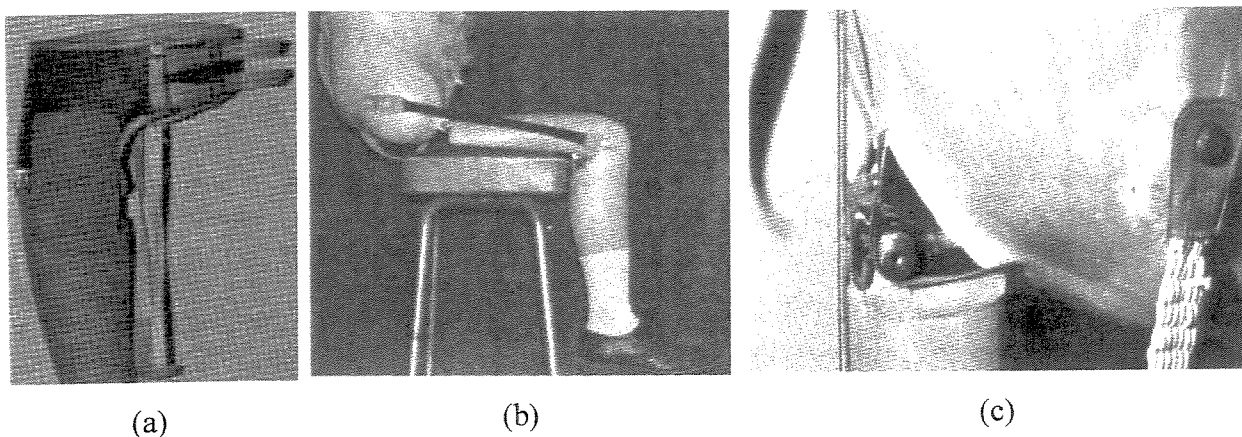


Figura 2.8 - Mecanismos do sistema articular de prótese de membros inferiores

- (a) Coxal;
- (b) Prótese “sentada” em uma cadeira – função possibilitada devido ao coxal;
- (c) Articulação coxofemural canadense.

Atualmente, alguns laboratórios de pesquisa têm conseguido avanços consideráveis na área de próteses, conseguindo reproduzir com grande fidelidade o ciclo das trajetórias feitas pela perna humana na caminhada, na corrida e no salto. A seguir, são mostradas algumas das próteses de membros inferiores mais implementadas na atualidade.

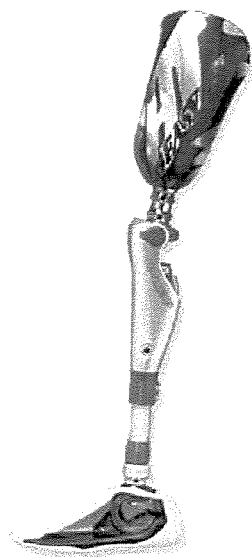
2.3.1 Sistema de perna 3C100 C OTTOBOCK

A 3C100 C-Leg® (figura 2.9), fabricada pela OTTO BOCK [OTTOBOCKUS, 2000], possui um joelho hidráulico microprocessado que controla a fase e o balanço do movimento a partir do controle de fluxo da válvula hidráulica do mecanismo, “dispensando” o monitorando o processo a todo instante, dando maior liberdade de movimento.

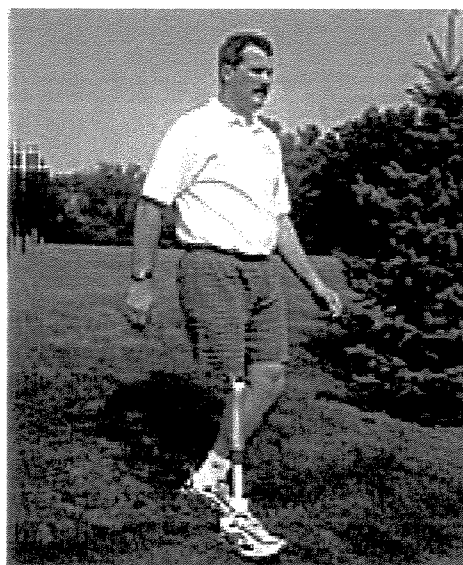
No joelho são dispostos sensores que fornecem dados para o sistema de controle dinâmico como ângulo, velocidade e direção do joelho. Sensores de força localizados na canela, no calcanhar, no dedo do pé e nos eixos fornecem dados para a determinação da estabilidade de fase da postura.

O resultado deste sistema é o movimento natural apresentado pelo usuário, por mais íngreme que seja o terreno. A unidade ajusta automaticamente a variação das condições físicas, transferindo a informação às válvulas hidráulicas que reagem proporcionalmente, mantendo a estabilidade do passo.

A partir do software desenvolvido para o sistema pela OTTO BOCK [OTTOBOCKUS, 2000], são feitos os ajustes dos parâmetros relativos às características biomecânicas do amputado com grande facilidade, acoplando o sistema a um PC para programá-lo. A cada cinquenta vezes por segundo, o sistema lê os ângulos e momentos, realimentando o controlador que assegura as características dinâmicas semelhantes a da perna natural. Por consequência, o usuário pode andar em qualquer tipo de terreno com confiança.



(a)



(b)

Figura 2.9 - Próteses de Perna 3C100 C-Leg® desenvolvida pela OTTO BOCK.

(a) Estrutura interna do Sistema 3C100 C-Leg® da OTTO BOCK

(b) Processo de caminhada em terreno acidentado com a 3C100 C-Leg®

A 3C100 C-Leg® tem uma massa de 1,1 kg e é recomendada para amputados com baixo nível de amputação do membro inferior, suportando uma massa de até 100 kg. O sistema é alimentado por uma bateria lithium-íon embutida no joelho que fornece energia suficiente para operar a C-Leg® durante 25 a 30 horas.

Para serem utilizados com a perna C, a OTTO BOCK desenvolveu as próteses de pé 1D25 e 1C40 C, aplicados de acordo com as características do amputado.

O Pé Dinâmico Plus-1D25 da OTTO BOCK [OTTOBOCKUS, 2000] (Figura 2.10) oferece melhora fisiológica acentuada nos processos da caminhada, da corrida e do salto devido ao seu sistema interno que possui uma mola em forma de S a qual fornece uma energia elástica à parte dianteira do dedo do pé, gerando uma melhora significativa no início do balanço de fase.

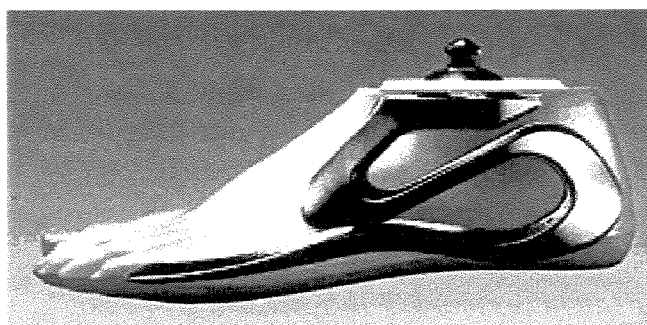


Figura 2.10 - Pé pro dinâmico com movimento multiaxial Plus 1D25

O Pé 1C40 C da OTTO BOCK [OTTOBOCKUS, 2000] (Figura 2.11) é confeccionado em fibra de carbono e apresenta boa resposta dinâmica e rotação multi-axial. O sistema do modelo 1C40 C, como no sistema 1D25, também possui um sistema de molas, porém, tem controle de rigidez elástica, que permite melhor adaptação de conversão da energia do impacto do calcanhar em energia elástica utilizada no processo da caminhada.

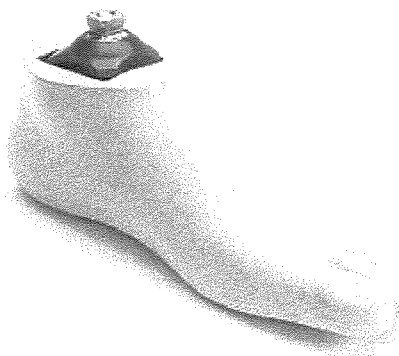


Figura 2.11 - Pé multiaxial de resposta dinâmica 1C40 C

2.3.2 Sistema de perna Korec

A Korea Orthopedics & Rehabilitation Engineering Center [KOREC, 2000] desenvolveu uma prótese de perna (figura 2.12 (a)) projetada para o usuário fazer o processo da caminhada voluntariamente. Construído em liga de alumínio com titânio, o sistema é leve e resistente, sendo dotado de mecanismo pneumático, gera balanço natural no movimento e absorção do choque. O joelho da prótese é constituído por mecanismo de quatro barras, aproximando o sistema fisiologicamente ao do joelho humano. O sistema modular torna fácil o acoplamento do sistema ao coto do amputado.

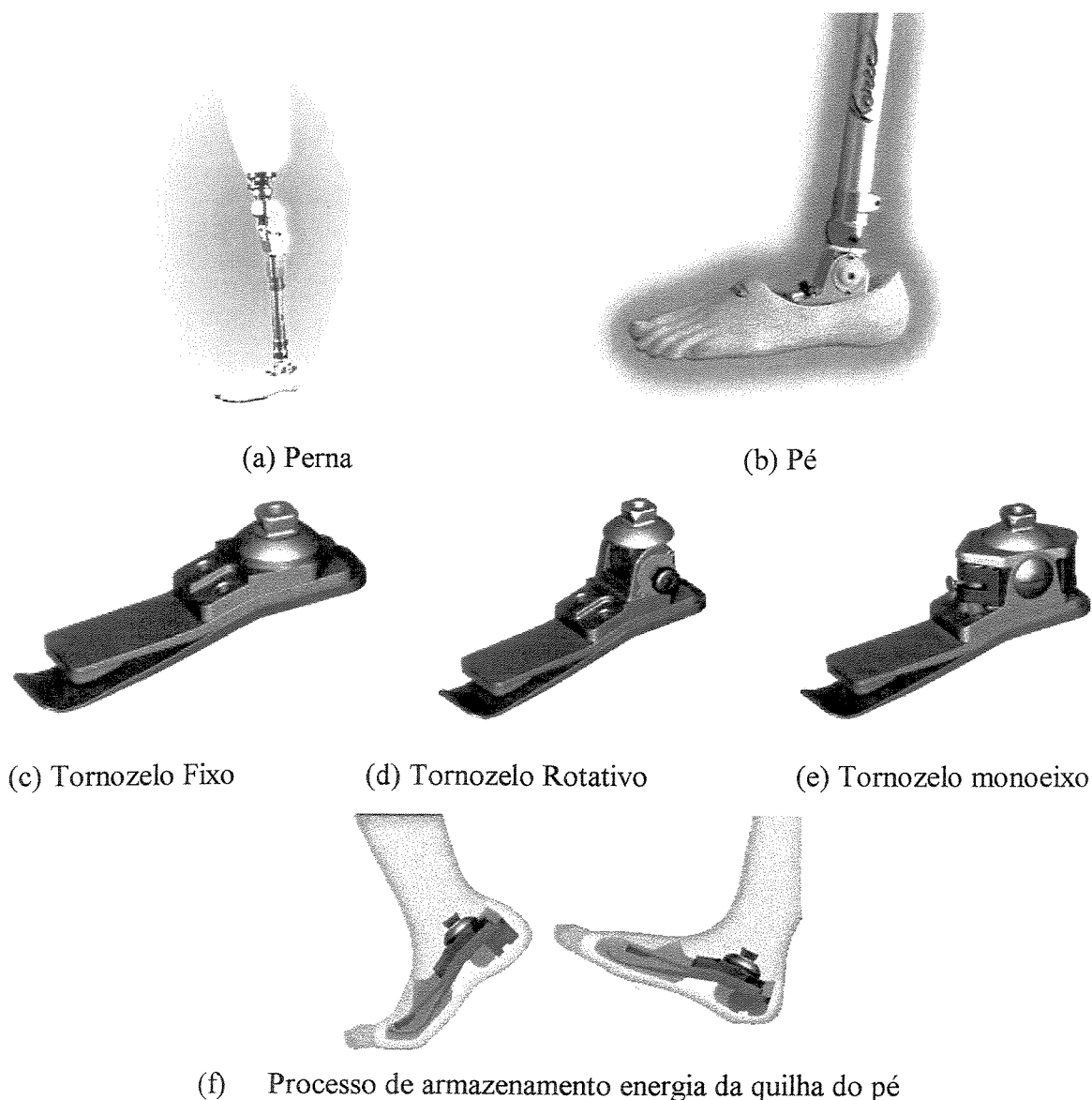


Figura 2.12 – Próteses de Perna e Pé desenvolvidos pela Korec.

Para trabalhar em conjunto com a perna, foi desenvolvido o pé Korec (figura 2.12 (b)) que apresenta alta atividade, devido a energia armazenada pela quilha de fibra de carbono embutida em seu interior (figura 2.12 (f)) e alta durabilidade e comportabilidade. O sistema possui calcanhar almofadado e pé encapado e é modular, Sustenta massa de 40kg a 80kg e tem tamanhos de 225mm até 245mm. O acoplamento do pé a perna é feito a partir do tornozelo podendo ser optado de acordo com o caso pelo tornozelos fixo (figura 2.12 (c)), rotativo (figura 2.12 (d)) e monoeixo (figura 2.12 (f)).

2.4 Considerações gerais sobre próteses de membros superiores

Dentre os amputados de membros superiores, há aqueles que possuem níveis de amputação na desarticulação do pulso, abaixo do cotovelo, o acima do cotovelo e na desarticulação do ombro [BOWKLER, MICHAEL, 1992].

A implantação de uma prótese não visa apenas substituir a parte anatômica amputada, mas também, restituir as funções lesadas, sendo necessário para tal, a reprodução dos esforços e deslocamentos equivalentes ao sistema natural. Tal reprodução, porém, constitui-se numa tarefa extremamente complexa, que as vezes apresenta obstáculos intransponíveis.

Na atualidade, próteses convencionais desenvolvidas para o nível de amputação na altura do braço, efetuam flexão e uma diminuta abdução e adução, e as desenvolvidas para o nível de amputação do cotovelo reproduzem a flexão e a extensão. Já os movimentos no antebraço, constituídos pela pronação e supinação não são reproduzidos, com exceção das próteses mioelétricas. O punho do antebraço natural tem uma grande mobilidade, atingindo uma circundação de 180 graus, porém, nenhuma prótese presente no mercado possui esta articulação[BOWKLER, MICHAEL, 1992].

A constituição de uma prótese depende do nível de amputação do membro, sendo esta forma por um conjunto de partes com suas funções específicas. De acordo com o nível de amputação, as próteses de membros superiores são classificadas como:

- Próteses para complementação de amputação parcial ou total de dedos e partes da mão;
- Prótese para amputação de antebraço propriamente dita, desde a articulação radiocárpica até o cotovelo;
- Próteses para amputação de braço desde a desarticulação de cotovelo até a desarticulação de braço e
- Próteses para amputação do ombro com retirada inclusive do omoplata.

A seguir são detalhadas as partes que formam as próteses de membros superiores, destacando suas estruturas e funções.

2.4.1 Componentes das próteses de membros superiores

O componente mais importante das próteses do membro superior é o aparelho terminal, pois tem a função de segurar objetos e transportá-los de um lugar para o outro [BOCCOLINI, 1990].

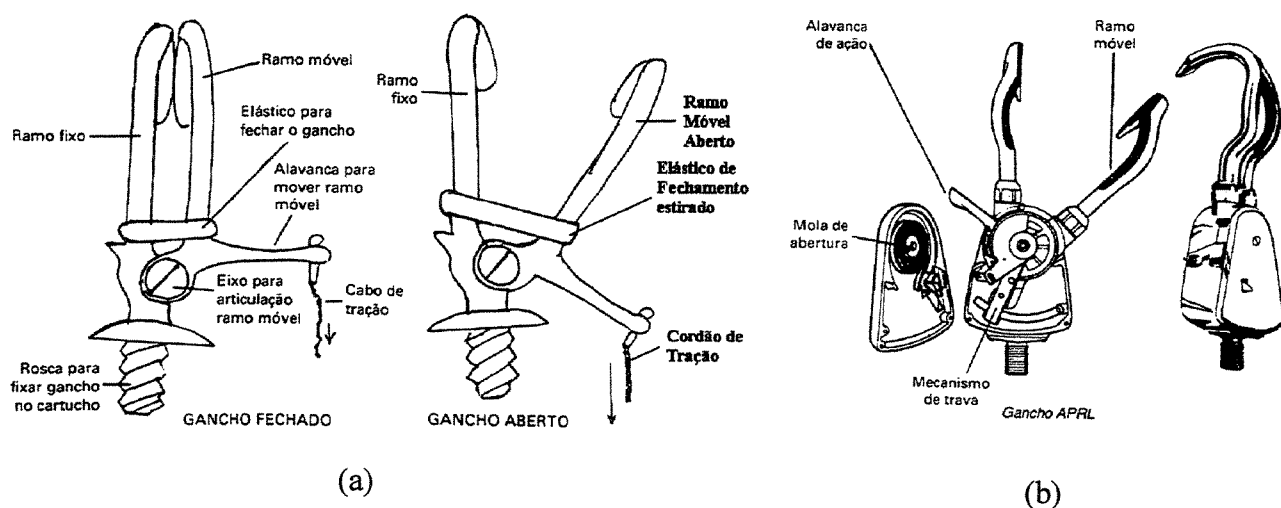


Figura 2.13 – Ferramentas terminais de prensão:

- (a) Gancho de abertura voluntária;
- (b) Gancho de fechamento voluntário APRL.

Destes componentes, o aparelho mais antigo que se tem conhecimento é o gancho. Os ganchos modernos são constituídos por duas partes, sendo uma fixa e a outra móvel que se articula com a primeira por meio de um eixo. Na parte móvel existe uma alavanca à qual se prende o cabo trator que a movimenta. Todos eles apresentam abertura voluntária.

Na tarefa de apreensão de objetos, por muito tempo se utilizou o sistema de ganchos de abertura voluntária, ou fechamento voluntário utilizando para o acionamento a força muscular, força elástica de molas ou elásticos. Em geral, a força de fechamento passivo de um gancho é de mais ou menos 3,5 kg. Já os de fechamento voluntário (figuras 2.13(a)), permanecem abertos por força de molas, fechando-se pelo emprego ativo de força muscular, principalmente aproveitando a ação da flexão e extensão do cotovelo (figura 2.14). O inconveniente dos primeiros protótipos deste último sistema, é que, para se manter o objeto preso, tinha que haver o esforço muscular contínuo, até que se desenvolveu o gancho APRL (figura 2.13 (b)), que graças ao sistema de travas do seu mecanismo, não solta o objeto apreendido, o qual fica preso até que o amputado solte a trava, afrouxando o cabo e automaticamente ante esta ação, os ramos então se separam.

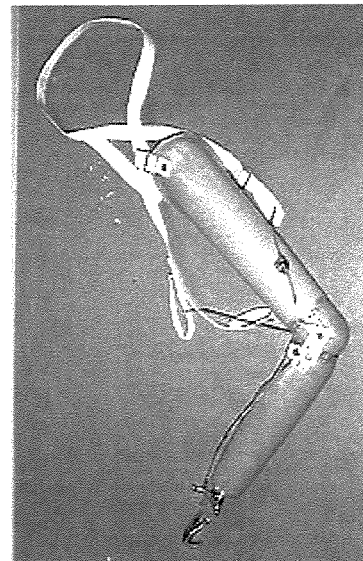
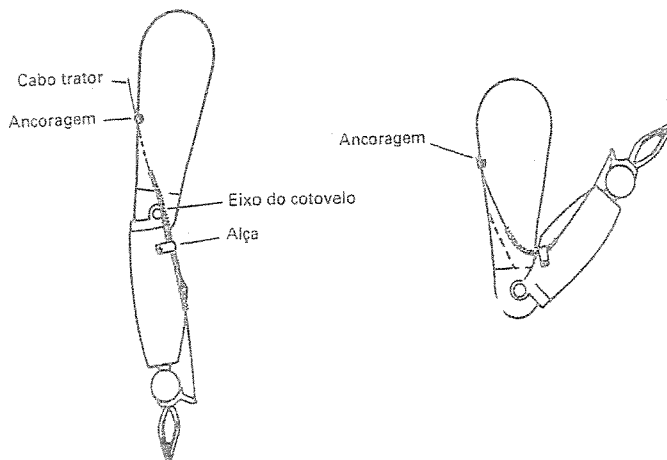


Figura 2.14 – Sistema de apreensão de gancho

2.4.1.1 Mãos

O primeiro tipo de mãos artificiais a considerar é a mão estética, sem função alguma, usada apenas para esconder a amputação (figura 2.15).

Como próteses ativas, as mãos artificiais ou mecânicas, apesar da cosmese ser melhor que a dos ganchos, tem limitação de preensão muito grandes. O mecanismo das mãos artificiais ou mecânicas faz com que as polpas do dedo indicadores e do dedo médias se oponham à popa do dedo polegar, quando se quer fazer a preensão. É, portanto uma pinça de três pontos. Quando se aciona o cabo trator, os dois dedos, indicador e médio, abaixam-se até que toquem o polegar. Em geral, as mãos são sempre de abertura voluntária, permanecendo fechadas e quando o amputado quer pegar algum objeto, é necessário que faça voluntariamente força sobre o cabo trator para, puxando-o abrir os dedos indicador e médio. Cessada a força, os dedos fecham-se passivamente sobre o objeto, por efeito da mola interna. As mãos mais sofisticadas têm mecanismo de trava para mantê-la fechada sobre o objeto apreendido, mecanismo este que deve ser acionado pela mão sadia [BOCCOLINI, 1990].

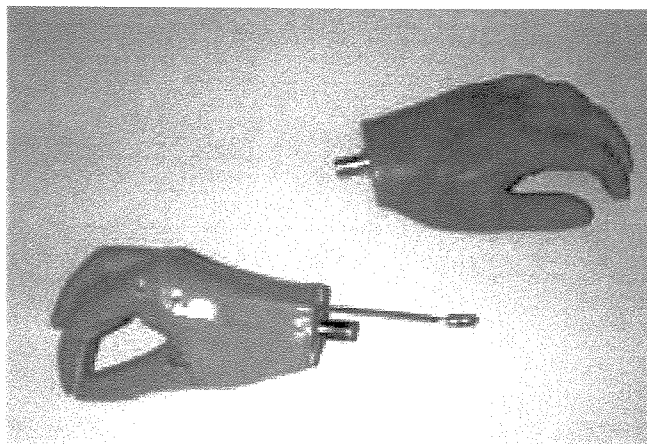


Figura 2.15 – Mãos passivas estéticas

O mecanismo mais avançado deste tipo de sistema é o da mão APRL (figuras 2.16(a), (b) e 2.17), pois tem fechamento voluntário, travando automaticamente no ponto em que houver preensão do objeto, qualquer que seja o volume do mesmo. O mecanismo de trava é desfeito

voluntariamente, por leve toque no cabo trator, sendo que a trava se abre, mas o objeto não cai porque o amputado ainda está, voluntariamente, segurando-o.

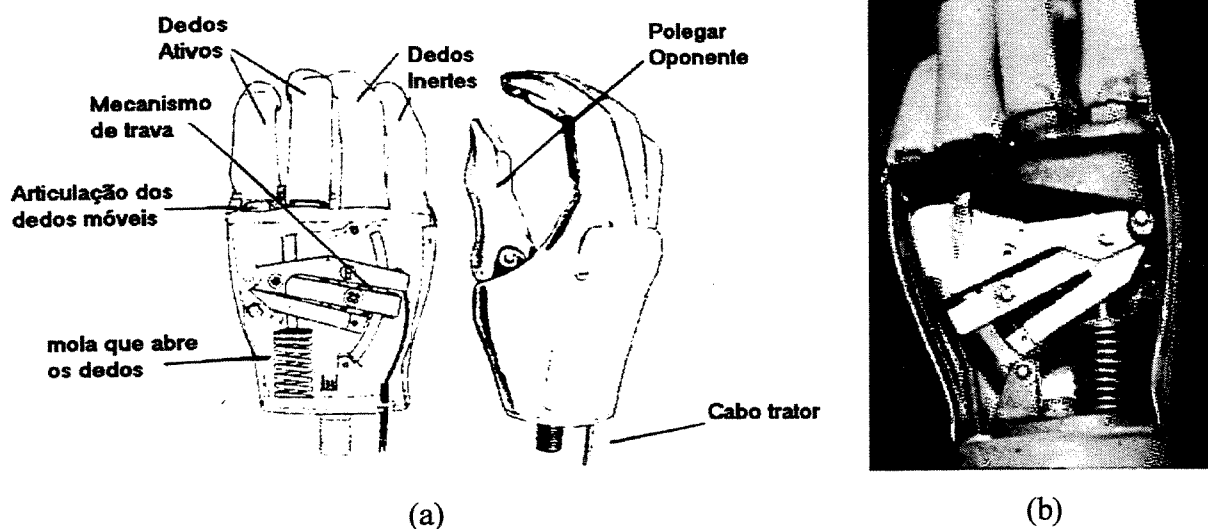


Figura 2.16 - Mecanismo da mão APRL:

- (a) Detalhes da estrutura;
- (b) Fotografia interna do mecanismo.

Assim, por exemplo, se segurarmos um lápis, faz-se um esforço firme até que este lápis esteja bem preso. Cessa-se a pressão no cabo e o mecanismo de trava é logo ativado e o lápis não cai. A mão ficará segurando o lápis até que o amputado de um “toque” ligeiro no cabo e nesta ocasião, o mecanismo de trava se desfaz, porém o lápis continuará preso enquanto o amputado fizer pressão no cabo trator. Ao afrouxar esta pressão, os dedos se abrem soltando o lápis. Os dedos da mão ficarão abertos enquanto não for acionado novamente o cabo trator.

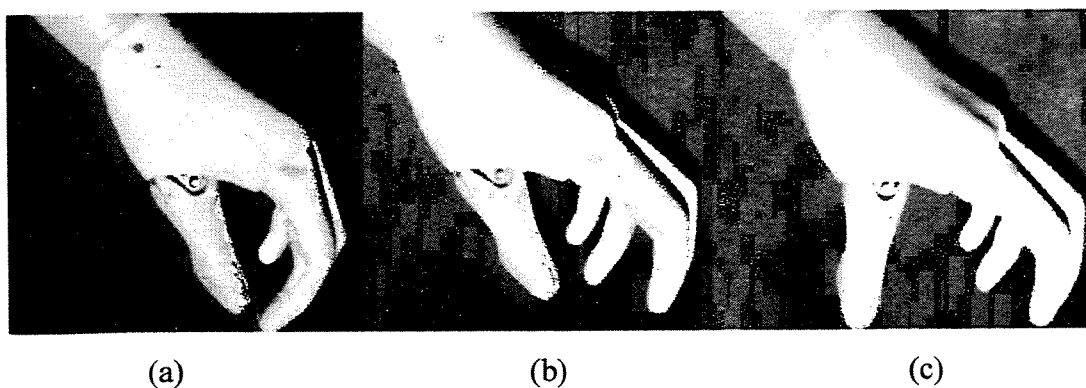


Figura 2.17 – Evolução de abertura da mão APRL:
(a) fechada; (b) abertura média; (c) abertura máxima.

2.4.1.2 Punho

Para poder dar a orientação espacial a ferramenta preensora terminal, foram desenvolvidos os punhos. Estas unidades têm vários componentes, devendo possibilitar a pronação e a supinação e a troca da mão por gancho. Atualmente, um dos modelos mais utilizados é o punho do tipo universal com esfera que permite a colocação da ferramenta terminal em qualquer posição desejada (figura 2.18).

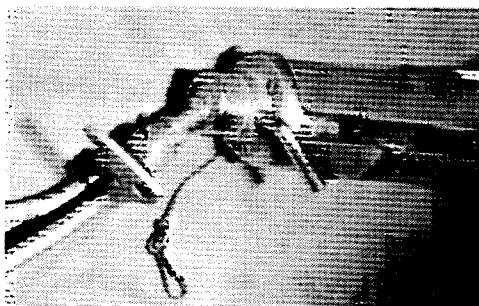


Figura 2.18 – Punho universal de esfera com alavanca de posicionamento.

2.4.1.3 Cartuchos

O cartucho ou jupa é a parte que completa a prótese de antebraço indo desde a parte amputada até a ferramenta preensora terminal. Esta parte tem como por principal função conter em seu interior o coto de amputação, que deve ser bem adaptado ao cartucho para permitir todo o movimento possível. Nele também é colocada uma peça de metal onde se prende a capa do cabo de tração, constituindo o chamado “ponto de ancoragem”, conforme o sistema de acionamento da prótese.

É de fundamental importância o projeto do cartucho, pois este deve aderir perfeitamente ao coto, para que não haja complicações como edemas devido a um jogo ou a pressão excessiva no acoplamento, podendo gerar a gangrena da terminação da parte amputada que se acopla à prótese.

2.4.1.4 Cotovelos

O cotovelo é o componente da prótese responsável por sua estabilização, e facilita ao amputado fletir e estender seu antebraço artificial, permitindo que a ferramenta terminal atinja a boca, além de fixar o antebraço. A articulação da maioria dos cotovelos mecânicos na flexão e extensão é sempre passiva, fazendo-se de duas maneiras, ou seja, com a mão do membro sã, fixando-a por meio de trava manual externa, na posição desejada ou através de um cabo trator, colocado de tal maneira que possa também fazer a flexão do antebraço artificial sobre o braço, uma vez que o cotovelo esteja livre, ou seja, destravado [BOWKLER, MICHAEL, 1992].

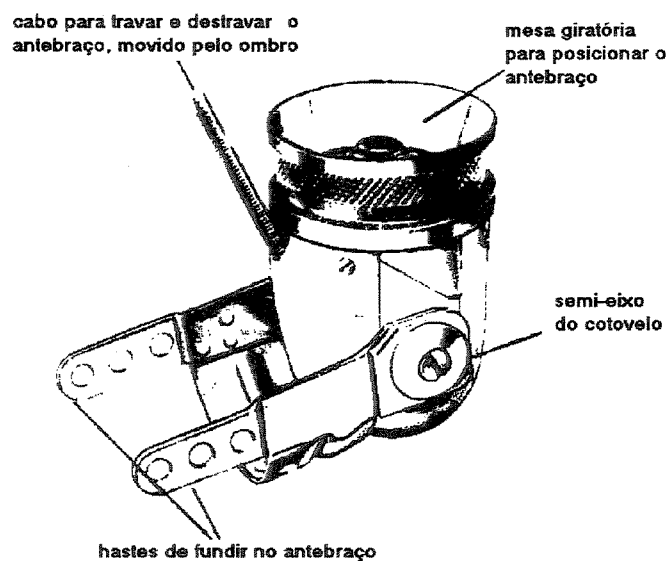


Figura 2.19 - Prótese de cotovelo

A maior parte das unidades de cotovelo tem um mecanismo de trava constituída por um pino de encaixe em sete dentes, que controla a liberação e a estabilização do antebraço em uma posição estática. Em geral, o cabo que comanda esta trava é acionado pela elevação do ombro do mesmo lado ou por uma extensão do braço, conforme o ponto motor estiver fixado. A primeira puxada do cabo trator trava a articulação por encaixe do pino no dente. O antebraço permanecerá na posição escolhida até que uma segunda puxada destrava e deixa livre a articulação (figura 2.19).

Um dos sistemas de cotovelo mais recentemente lançado no mercado é o sistema de Cotovelo Ergométrico 12K44 (figura 2.20) desenvolvido pela OTTO BOCK [OTTOBOCKUS, 2000] que é uma alternativa proposta além dos sistemas de cotovelos elétricos para ser aplicada ao uso de dispositivos terminais eletrônicos, seja mãos ou anzóis elétricos, apresentando manutenção, massa e custo menor.

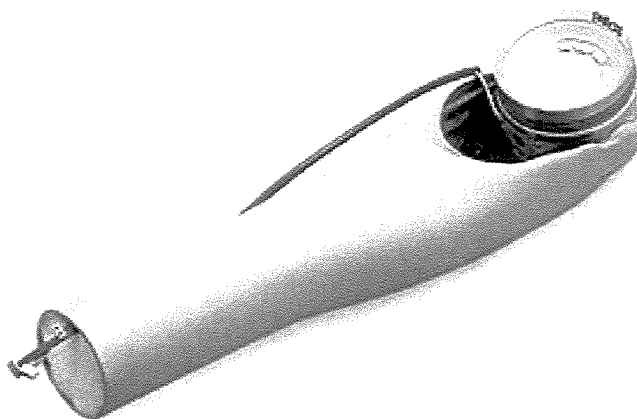


Figura 2.20 – Cotovelo Ergométrico 12K44 –OTTO BOCK

Este sistema desenvolvido pela OTTO BOCK é ergonômico e cosmético e simplifica a conexão e a integração dos elementos constituintes de uma prótese mioelétrica de mão, os cabos, a bateria e o cotovelo, permitindo, graças a seu projeto, fácil acoplamento ao coto e uma proteção maior ao cabimento que é disposto internamente, reduzindo o risco de quebra e fadiga mecânica dos condutores facilitando o envio dos sinais mioelétricos captados dos eletrodos de superfície e do respectivo sinal de controle ao pulso.

O sistema de travamento interno do cotovelo apresenta ajuste infinitesimal permitindo um número ilimitado de posições de travamento. A função SLIP & STOP (escorrega e para) permite ao cotovelo fletir sem a necessidade de destravamento total da junta. Enquanto o cabo é tensionado, o antebraço começa a soltar. Tão Logo o cabo é liberado, o cotovelo imediatamente travará outra vez. Esta operação é possível até mesmo com carga mínima. Puxando apenas 7mm do cabo flexível o mecanismo trava ou destrava.

O sistema integrado AFB OTTO BOCK [OTTOBOCKUS, 2000] ajustável permite a flexão do cotovelo quase sem nenhum esforço, compensando a massa de diferentes dispositivos terminais acoplados na extremidade do braço[OTTOBOCKUS, 2000].

O braço ergométrico é projetado para integrar o sistema coletor dos sinais mioelétricos ao corpo da prótese. O antebraço automático compensa o peso dos componentes eletrônicos, aumentando o conforto a aceitação do amputado.

No cotovelo há um sistema de embreagem que permite o escorregamento automático da junta sob condições de sobrecarga (tal como numa queda sobre o braço fechado), reduzindo o risco de dano ao usuário.

2.5 Cineplastia

Em vez de se usarem movimentos globais e grosseiros, tais como a extensão brusca do cotovelo ou abdução rápida de todo o ombro para mover próteses, uma prática que vem sido utilizada na ativação de membros artificiais é o aproveitamento da contração voluntária de um determinado grupo muscular isolado. Para tal, se faz necessária a construção cirúrgica de uma ligação entre o músculo e uma parte móvel da prótese denominada Cineplastia [BOWKLER, MICHAEL, 1992].

Este processo (figura 2.21) consiste na construção dentro do corpo, de um tubo formado por um músculo escolhido e isolado, no qual se faz um furo, revestido por um retalho espesso de pele, permitindo que se coloque ou retire um pino que ativará através de cabos a ele ligados o gancho ou a mão, conforme o caso. A contração do músculo motor desloca o pino a uma determinada distância, suficiente para movimentar, abrir ou fechar a ferramenta terminal. A este conjunto de músculo e pino, chamamos de “músculo motor”.

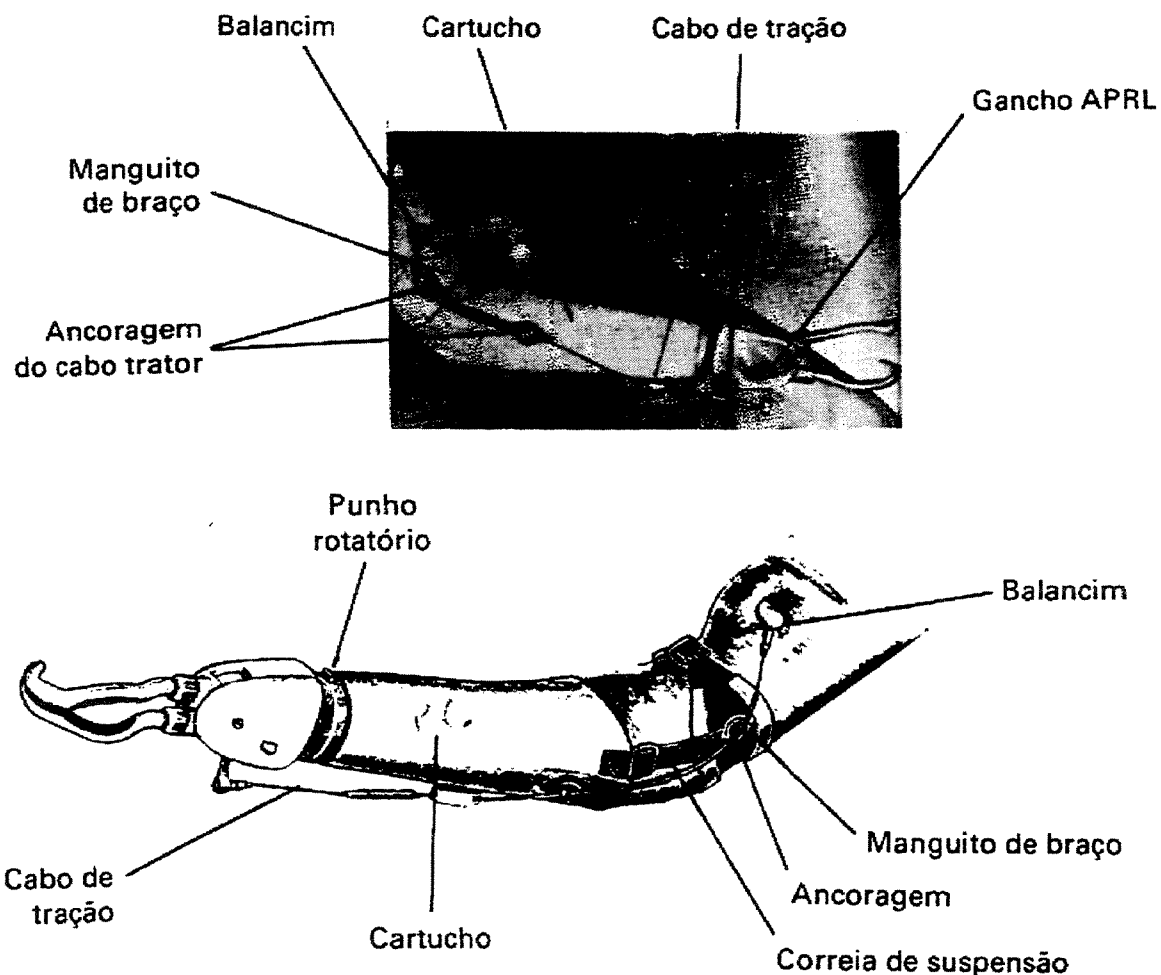


Figura 2.21 – Cineplastia do bíceps. O próprio cabo, fixado ao balancim no músculo motor, mantém a prótese em posição.

2.6 Últimos avanços em próteses de membros superiores

2.6.1 Próteses mioelétricas

Desde a 1ª Guerra Mundial, a Alemanha vem desenvolvendo estudos para construção e aperfeiçoamento de próteses mioelétricas para membros superiores [BOCCOLINI, 1990], sendo que a primeira mão mioelétrica foi introduzida comercialmente nos idos de 1960 (figura 2.22).

No início das pesquisas neste campo, foram elaborados e construídos projetos de próteses mioelétricas para amputados de antebraço. Pouco tempo depois, foram incluídas pesquisas sobre próteses mioelétricas para amputações acima de cotovelo, estas últimas com resultados precários devido a complexidade de movimentos a serem realizados e, conseqüentemente, a dificuldade de comando destes movimento, principalmente preensão da mão, pronosupinação do antebraço e flexão e extensão do cotovelo.

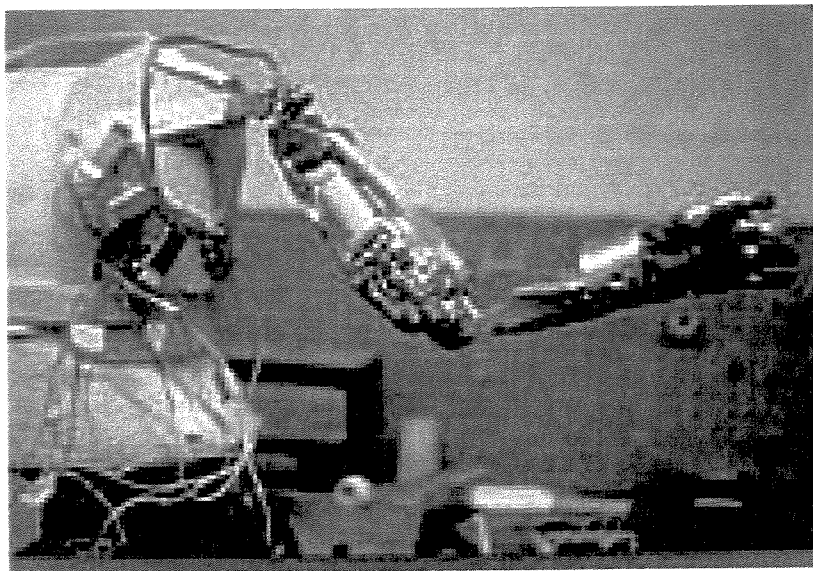


Figura 2.22 – Sistema de prótese mioelétrica experimental da era de 1960

O controle mioelétrico é uma forma de aplicação neuromuscular que visa usar os impulsos elétricos de músculos não lesados e não usados de um coto, para controlar uma prótese. Isso se consegue monitorando um efeito paralelo da contração muscular (potenciais elétricos mínimos) existentes ou no músculo ou perto dele, quando o mesmo está se contraindo [BOWKLER, MICHAEL, 1992], [GUYTON, 1988].

Esses potenciais elétricos gerados pelos músculos superficiais que estão se contraindo podem ser captados na superfície da pele por eletrodos de superfície, e utilizados no processamento do controle proporcional ou digital dos atuadores da prótese mioelétrica.

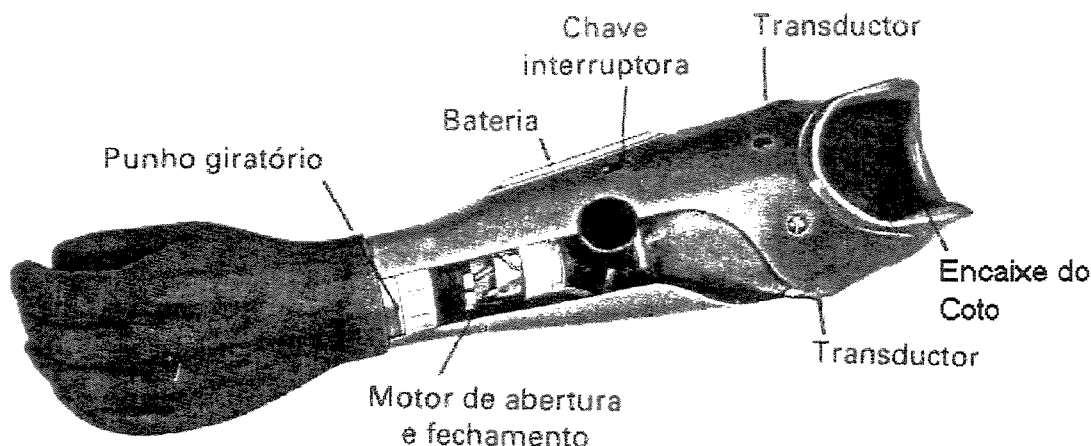


Figura 2.23 - Prótese mioelétrica para coto curto

O controle mioelétrico é considerado muito próximo ao natural, pois, é ativado a partir de contrações de músculos sinergistas, particularmente relacionados às funções das mãos naturais, que podem ser selecionados para controlar o acionamento de dispositivos. O sistema de controle proporcional é implementado eletronicamente em um sistema microprocessador dedicado, permitindo ao indivíduo controlar a tensão de alimentação dos sistemas atuadores da mão, do pulso, ou do cotovelo, conforme o tipo de prótese.

Se há uma contração muscular mais forte, o potencial EMG do músculo é maior, sendo proporcionalmente maior a tensão fornecida ao acionador pelo controlador mioelétrico. Assim sendo, é possível controlar o grau de velocidade e preensão do sistema voluntariamente pelo paciente. Se não houvesse a ação proporcional do controle da voltagem, o acionamento seria feito sempre a mesma velocidade, dificultando a tarefa de preensão de objetos frágeis, podendo esmagá-los.

Uma mão protética deve permitir, idealmente, movimentos controlados nas duas direções, sendo o amputado capaz, portanto, de abrir e fechar a mão (figuras 2.27 (c) e (d)). O controle e a amplitude do sinal mioelétrico são diretamente proporcionais à intensidade das contrações, de tal forma que a mão possa ser controlada, proporcionalmente, nas duas direções. Um impulso muito

suave faz com que a mão se mova vagarosamente enquanto que um impulso mais forte faz a mão mover-se mais rapidamente.

A intensidade da contração muscular fará também o controle da força de preensão da mão protética que permitirá, ao amputado, obter o controle necessário para preender objetos de várias formas, com diversos graus de delicadeza.

Quando os potenciais EMG são inadequados para controlar o dispositivo terminal, se opta por sistemas de controle de acionamento dos atuadores utilizando interruptores. A desvantagem deste sistema com relação ao controle mioelétrico é que ele não permite o controle proporcional da tensão de alimentação dos atuadores.

Outra opção que vem sendo utilizada atualmente é a da utilização de servomecanismos, sendo o sistema mais difundido o braço UTAH por Controle de Movimento (Figura 2.24) que permite até mesmo a um amputado de nível mais alto de amputação operar o braço. O sistema elimina a utilização de eletrodos, normalmente requeridos pelas próteses mioelétricas de outros fabricantes [UTAH, 2000].

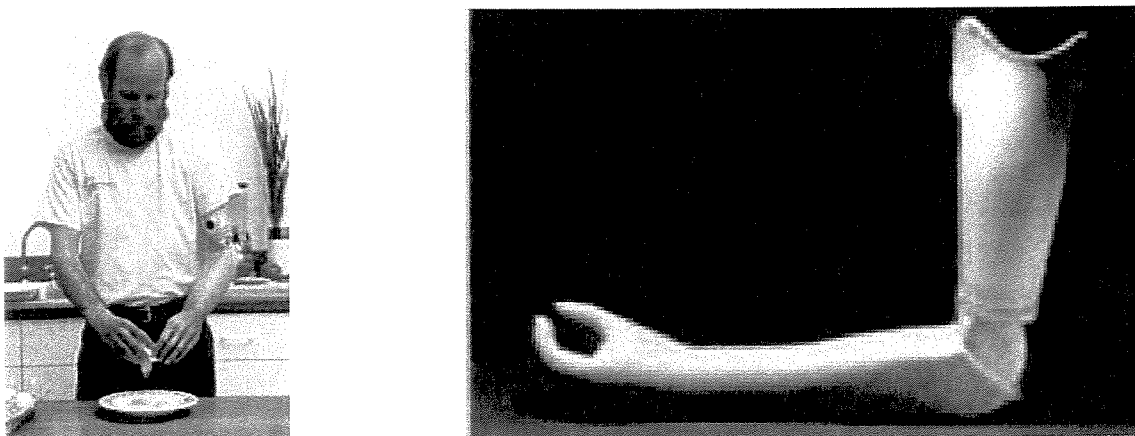


Figura 2.24 – Prótese de membro superior UTAH

Há um grande número de vantagens na utilização do controle mioelétrico. Uma prótese mioelétrica controlada a partir de sinais mioelétricos colhidos de dois setores de grupos musculares do coto, como por exemplo, os flexores e os extensores para abrir ou fechar a prótese,

permite que essas ações se procedam de uma forma quase que natural e, além disso, a partir do momento que essa musculatura é utilizada, esta não se atrofia, melhorando sempre a função fisiológica e o tônus muscular.

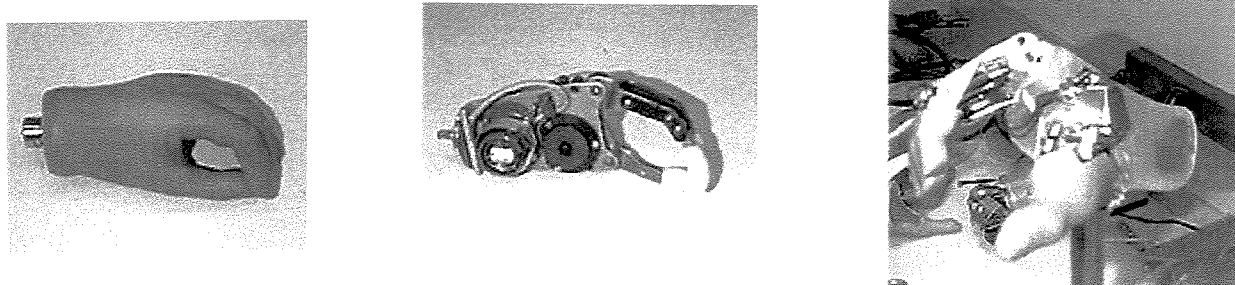


Figura 2.25- Detalhes construtivos de prótese de mão mioelétrica

Para a implementação de uma prótese mioelétrica em um amputado, é necessária a aplicação de uma etapa preparatória, que engloba o exame clínico do paciente, para que seja feito o estabelecimento dos locais ideais de captação dos sinais mioelétricos usados para o controle, de acordo com o grau da lesão do membro e, o posterior treinamento dos referentes grupos musculares para que haja a otimização da emissão dos sinais mioelétricos, e o condicionamento do tecido do coto a ser acoplado na jupa. A análise clínica fisiológica completa do sistema muscular residual do paciente é, portanto essencial para assegurar o melhor resultado funcional possível em uma prótese mioelétrica [BOCCOLINI, 1990], [LIBERTY, 2000], [OTTOBOCKUS, 2000].



Figura 2.26 – Prótese mioelétrica:

- (a) - Coto longo, com pronosupinação normal conservada;
- (b) - Coto longo com pronosupinação comandada mecanicamente (pressão sobre contato)

Quanto a implementação, a prótese para amputação no terço médio do antebraço (figura 2.26(a)) é o caso mais simples de aplicação deste tipo de equipamento, pois necessita apenas do controle mioelétrico da mão. As próteses mioelétricas destinadas a equipar amputados com cotos longos de antebraços (figura 2.26(b)) somente necessitam da função de fechamento e abertura da mão, sendo a pronosupinação substituída na maioria dos casos por um posicionador conveniente do cotovelo. Ou também por um sistema rotator eletromiográfico nas próteses de última geração.

Nas próteses mioelétricas, os atuadores são motores elétricos, cuja bateria de alimentação é colocada na fase ventral do antebraço onde se encaixa firmemente (figuras 2.26 (a) e (b)). Neste tipo de prótese, os transdutores destinados a captar, ampliar e enviar impulsos elétricos para o motor que move a mão são colocados em pontos especiais sobre a musculatura extensora, para a

função de abertura dos dedos, sobre a musculatura flexora para o fechamento dos dedos. O amputado quase que automaticamente comanda esses dois movimentos já anteriormente usados para esta mesma função.

Nas próteses de antebraço com cotos muito curtos (Figura 2.27), além desses comandos de abertura e fechamento dos dedos, há uma pequena caneca plástica bem moldada ao coto onde estão colocados transdutores que são acionados por movimentos mecânicos de pressão do coto, de um lado ou de outro (Figura 2.27 (a)). A pressão de um lado é captada por transdutores e levada a outro motor colocado no antebraço, motor esse que faz a supinação da mão, rodando-a sobre o grande eixo do antebraço. Movendo o coto no sentido oposto, outro transdutor é acionado e fará a pronação desta mesma mão, rodando o motor em sentido inverso. Quando se mantém o coto sem pressão, o motor automaticamente pára, travando-se. Nas próteses acima do cotovelo, além de todo esse mecanismo já descrito, há transdutores que promovem a extensão e a flexão do cotovelo. Esses transdutores são colocados sobre o tríceps ou sobre o bíceps.

Como se pode perceber, há mais de uma ação a ser desencadeada por mais de um ponto motor que precisam ser acionados quase que ao mesmo tempo. A ativação destes pontos é feita por estímulos elétricos partidos dos centros nervosos superiores, bastante delicados, e podem ser facilmente misturados resultando em falhas e fracassos.

Por esses motivos, apesar da ação resultante da ativação mioelétrica ser bastante próxima à da ação da mão normal, exige-se, para que o paciente tenha um bom desempenho, um grau de treinamento suficiente para que, instruído sobre a maneira pela qual o estímulo mioelétrico promove a ação, possa realizá-lo sem se confundir.

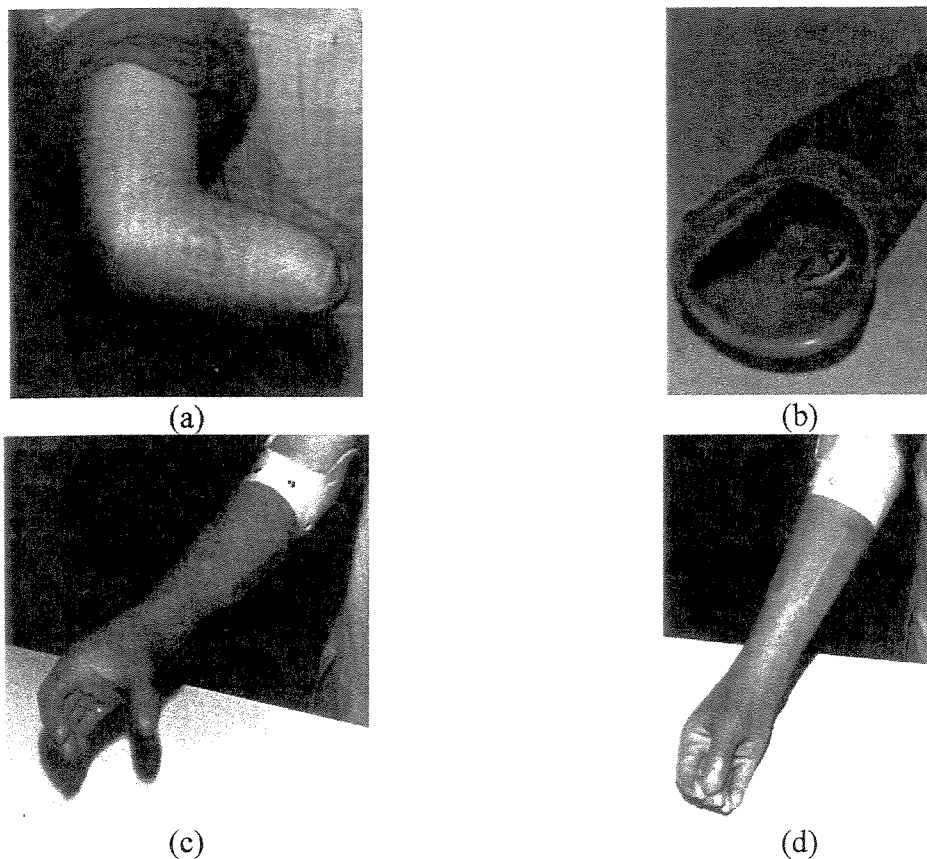


Figura 2.27 – Detalhes do funcionamento de próteses mioelétricas:

- (a) Impressão provocada no antebraço pelo eletrodo captador dos estímulos;
- (b) Detalhe da parte interna da jupa mostrando o eletrodo captador de estímulos;
- (c) Abertura máxima;
- (d) Fechamento máximo.

Para reduzir este descontrole, é necessária ainda muita pesquisa, principalmente na área de microcontroladores e tratamento de sinais, para que esta forma de controle seja totalmente viável e implementável.

2.6.2 As Próteses Mioelétricas mais avançadas da atualidade

2.6.2.1 Mão sensoriada OTTO BOCK

No campo de próteses de membros movidas eletricamente, a OTTO BOCK [OTTOBOCKUS, 2000] desenvolveu recentemente uma mão sensoriada que inovou significativamente o setor.

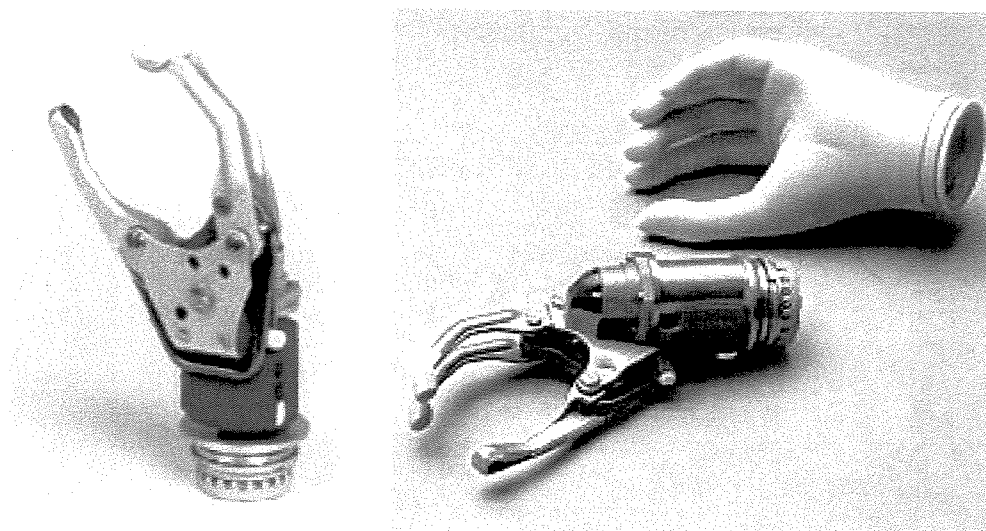


Figura 2.28 – Detalhes construtivos de mão mioelétrica OTTOBOCK

A Mão Sensoriada OTTOBOCK (Figura 2.28) faz a preensão de qualquer objeto com grande segurança, inclusive objetos frágeis e recipientes cheios de líquidos, não havendo a necessidade do usuário estar constantemente atento ao controle do esforço e da velocidade dos dedos da prótese no ato da preensão, pois, o equipamento possui o recurso de preensão automática que “sente” quando um objeto está escorregando e faz as adaptações necessárias automaticamente.

Um único microprocessador controla o acionamento da mão, de forma que, quando o objeto preendido está escorregando, sensores no polegar e na ponta dos dedos detectam mudanças no peso e no centro de gravidade do objeto. Os dados são então transmitidos para o microprocessador que controla a força da preensão automaticamente.

Um sinal mioelétrico inicial breve paralisa o sensor de auto resposta de preensão da mão. Um sinal mioelétrico mais longo abre a mão. Dois sistemas de medição e regulação independentes controlam a força e a velocidade da preensão.

A função preensão-flexível apresentada pelo novo sistema permite ao usuário usar sua mão para reposicionar um objeto sem usar os eletrodos para abrir e fechar a mão sensoriada. A preensão parece flexível, como de uma mão natural.

Para crianças com 18 meses até 13 anos, a OTTO BOCK também oferece a Mão Elétrica 2000. A nova pequena mão apresenta:

- Quatro tamanhos: 5 (18 meses-três anos), 5-1/2 (três-seis anos), 6 (cinco-dez anos); e 6-1/2 (oito-treze anos);
- Nova trajetória de movimento do sistema preensor;
- Unidade de acionamento miniaturizada de massa reduzida, construída de metal de liga leve;
- Aparência natural com proporções balanceadas;
- Integração com o Sistema Myobock, a partir da utilização de eletrodos 13E125 de pequenas dimensões.

De baixo custo, um sistema de tomadas codificadas por cores tornam fácil a escolha de um dos oito modos de controle, incluindo formas de abertura e fechamento proporcionais a partir de um único eletrodo. Portanto, o modo de controle pode ser alterado com facilidade em qualquer fase da vida de acordo com a necessidade e a reabilitação do usuário, a partir da alteração da conexão do circuito às tomadas coloridas.

A série dos controladores proporcionais DMC (figura 2.29) desenvolvidos pela OTTO BOCK [OTTOBOCKUS, 2000] para as próteses mioelétricas de membros superiores da OTTO

BOCK apresentam tamanho reduzido e permitem uma grande série de aplicações, devido a sua flexibilidade, pois, a partir da alteração da conexão das tomadas, há a seleção de uma das quatro deferentes opções de controle, permitindo acentuado número de funções ao amputado, de acordo com a disponibilidade dos sinais mioelétricos aproveitáveis para o controle no coto do membro amputado.



Figura 2.29 - Controlador proporcional DMC (modelo LS para sistemas de mão 2000)

Dentre as formas de controle disponíveis pelo controlador temos:

1. **Modo de Controle Dinâmico para crianças que tem bom potencial de ação muscular ($30 \mu V$ ou sinal maior)** (tomada verde = sistema da mão esquerda / tomada azul = sistema da mão direita). A Abertura e fechamento da mão mioelétrica é controlada por dois eletrodos 13E125. A força e o grau de preensão são determinados pelo nível do sinal mioelétrico do músculo, fornecendo um movimento de preensão natural permitindo a manipulação de objetos pequenos e frágeis.
2. **Modo de Controle de Entrada Baixa para crianças com baixo potencial muscular ($20 \mu V$ ou menos)** (tomada amarela = sistema da mão esquerda / tomada violeta = sistema da mão direita). Possui velocidade e força de preensão elevadas em comparação com outros sistemas de controle, sendo que a abertura e fechamento são controlados por dois eletrodos 13E125. A força e a velocidade de preensão são controladas pelo nível do sinal mioelétrico do músculo, fornecendo um movimento de preensão natural permitindo a manipulação de objetos pequenos e frágeis.

3. **Modo de Controle Digital para crianças que tem dificuldade de manter sinal acima do limite mínimo (10 μ V sinal ou superior)** (tomada branco = sistema da mão esquerda / tomada vermelha = sistema da mão direita). A abertura e o fechamento são controlados por dois eletrodos 13E125. Quando o limite de 10 μ V é alcançado ou excedido, a mão mioelétrica abre ou fecha com velocidade constante.
4. **Abertura Voluntária Eletrônica para crianças que não podem diferenciar uma região do músculo, ou para quem tem uma única região boa de controle** (tomada laranja = sistema da mão esquerda / tomada preta = sistema da mão direita). Um único eletrodo 13E125 controla a abertura da mão mioelétrica. O sinal mais forte do músculo é transferido para abrir a mão. Uma vez o sinal mioelétrico cessado, o motor automaticamente fecha a mão mioelétrica. O grau de esforço de preensão é ajustado no circuito.

2.6.2.2 Próteses Mioelétricas de Membros Superiores LIBERTY - HOUSTON

A LIBERTY STEEPER, VASI PIONEER TECHNOLOGY [LIBERTY, 2000] desenvolveu um sistema de próteses mioelétricas modular que tem um dos cotovelos elétricos de maior potências do mercado, denominado BOSTON ELBOW II™, o qual é alimentado por uma nova bateria de alta capacidade. O sistema de chaveamento do sistema permite ao usuário controlar tanto o dispositivo terminal quanto o cotovelo apenas a partir de dois músculos. A nova bateria da LIBERTY tem 30% de maior capacidade do que as baterias Hr de 800-850 mA. Mesmo os usuários ativos podem evitar recarga durante o dia. O recarregador inteligente da LIBERTY avalia rapidamente a bateria e, recarrega em aproximadamente uma hora.

Além de realizar um trabalho ativo de 13,5 N. m, o cotovelo pode suportar mais do que 23 kg com a sua embreagem de travamento. A prótese é compatível com a maioria dos dispositivos terminais, e a capa cosmética é feita para ser adequada a cor da pele e acomodar o coto do paciente. O BOSTON ELBOW II é um dos braços elétricos mais rápido sob carga disponível, levando em média um segundo para flexionar ou estender totalmente o seu cotovelo. Como o

cotovelo desenvolve a flexão total, ele automaticamente retarda a velocidade do movimento ao chegar na região do fim de curso, eliminando o desconforto de uma parada repentina.

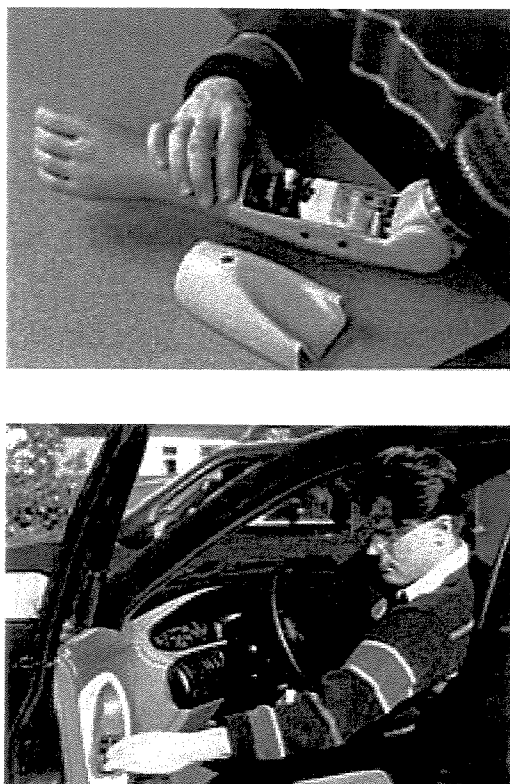


Figura 2.30 - Detalhes de construção e utilização do sistema de prótese mioelétrica LIBERTY

Para os casos de pacientes com amputação ao nível da desarticulação de ombro, A LIBERTY desenvolveu uma junta de ombro denominada Liberty-Collier que permite a motilidade para o pré posicionamento do braço e a utilização do cotovelo.

Para controlar a prótese, a LIBERTY desenvolveu o controlador VariGrip II™ Programável, que é um circuito microprocessado, o qual é embutido no antebraço, e este gerencia a mãos, o sistema rotator do punho e o cotovelo. O controlador VariGrip II™ fornece ganho automático, chaveamento de co-contracção, diagnósticos do paciente, e ainda um módulo de ajuda. O praticante interage com o controlador através de um software dedicado com propriedades gráficas, que capacita a ele escolher a configuração do sistema, ajustar os parâmetros e configurar o conjunto da prótese através de um computador. Este sistema revolucionou, a filosofia

apresentada no passado deste setor, pois, ajustar uma prótese significava desmontar a unidade, reconectar o hardware, até mesmo alterar o circuito, remontando tudo antes mesmo de se fazer o teste para ver se funcionou.

Como ferramenta terminal, a LIBERTY desenvolveu a mão elétrica CENTRI ULTRALITE™ que se move de uma maneira mais natural e conveniente do que as mãos elétricas convencionais, por causa de um sistema de ligação que se estende até o punho enquanto a mão se fecha. Esta extensão de punho, como em um organismo vivo, faz com que o polegar e os outros dedos da mão estejam sempre apropriadamente angulados para preender objetos grandes ou pequenos. A mão é apresentada em dois tamanhos, e mesmo a maior, tem massa de apenas 344 g com o punho incluso. O PUNHO ULTRALITE se encaixa dentro de uma cavidade interna de 37 mm. O circuito de controle da mão permite ao usuário controlar a velocidade de fechamento da mão e modular o ato de preender através da variação da tensão no controle muscular.

O controlador de rotação de punho DILLON ROTATILT™ amplifica a “linguagem do corpo” para permitir um meio mais natural para controlar a rotação do punho. Apenas uma inclinação muito fraca do antebraço é necessária para virar para a direita ou para a esquerda o rotator e acoplar a mão ou o dispositivo terminal para a direita ou para a esquerda.

Para tornar o controlador disponível apenas quando for necessário um chaveamento pode ativá-lo independentemente da mão ou do dispositivo terminal. Também o circuito está ativo apenas quando o antebraço é levantado dentro da faixa de trinta graus da horizontal.

2.6.2.3 Controladores Mioelétricos OPRA/TECH

A OPRA/TECH ENGINEERING, INC. Warren, Ohio USA, desenvolveu um controlador processador mioelétrico que é um dos menores e mais sensíveis circuitos mioelétricos disponíveis no mercado, sendo que com o controlador mioelétrico desenvolvido torna possível a aplicação de controle multiplexado que permite ao usuário controlar uma ou duas funções a partir de um único sinal de controle, a partir do potencial muscular EMG.

O desenvolvimento do Processador Controlador Mioelétrico Multiplexado (PCMM) permite o controle de um cotovelo elétrico, pulso, e mão a partir de dois pontos de um músculo, que é uma vantagem significativa aos amputados de alto-nível de amputação do membro superior, principalmente.

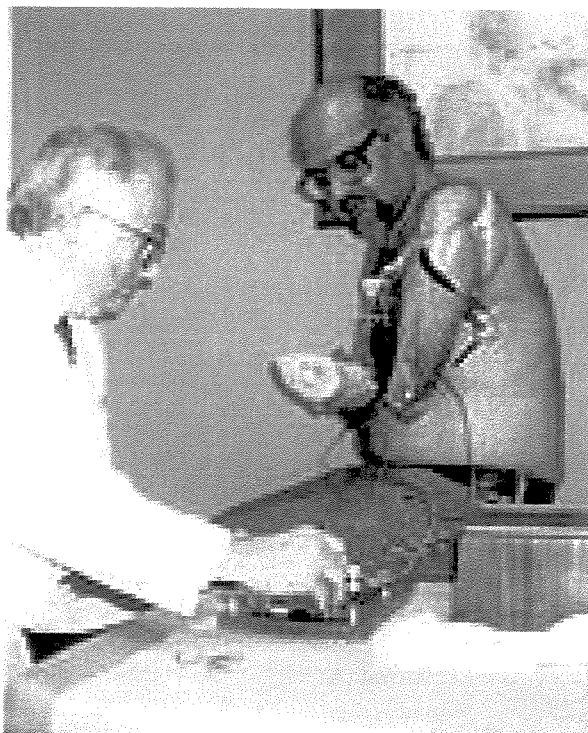


Figura 2.31 – Treinamento do sistema muscular para amplificação da emissão de sinal mioelétrico

Para ser usado com o PCMM, a OPRA/TECH Engineering também desenvolveu um Analisador de Potencial Muscular EMG e de um sistema controlador e monitorador elaborado para aumentar o EMG muscular através de treinamento, aplicando conceitos de Biorealimentação.

2.7 Tendência da pesquisa de Próteses de membros antropomórficos

A partir da avaliação das próteses atuais descritas nas seções anteriores, pode-se notar a tendência do direcionamento que vem tomando a implementação de membros artificiais, gerando a criação de uma nova área denominada Biocibernética, que visa a interface homem-máquina através

da implementação de membros biônicos comandados voluntariamente pelo cérebro do usuário. Este intento tem levado ao desenvolvimento de elementos de fundamental importância para a implementação destes sistemas, para que se possam reproduzir artificialmente todas as funções naturais perdidas definitivamente.

O maior número de pesquisas atuais direcionadas a busca de uma interface e comunicação entre o sistema nervoso e os membros antropomórficos artificiais defende a filosofia da utilização dos sinais mioelétricos das extremidades dos membros amputados para comandar os membros artificiais, já que o cérebro desconhece o fato do membro natural ter sido amputado, emitindo assim ordens de comando para a ativação dos grupos musculares constituintes dos membros para o desenvolvimento de uma determinada função.

Para que se possa desenvolver próteses de membros superiores e inferiores com funções fisiológicas análogas aos sistemas naturais a serem substituídos, também há a necessidade da análise biomecânica do sistema fisiológico articular humano [TENREIRO, 1993]. É de suma importância citar os trabalhos desenvolvidos na área pelo pesquisador Professor Dr. José António Tenreiro Machado da Universidade do Porto de Portugal, que deu até o presente momento como por contribuição a elaboração de modelagem geométrica e analítica dos membros superiores do corpo humano a partir da análise biomecânica do sistema natural e a elaboração da modelagem dinâmica do sistema de locomoção bípede acompanhada da simulação computacional, permitindo a implementação de algoritmos em microcontroladores dedicados, permitindo, por exemplo, a implementação de próteses duplas de membros inferiores [SILVA & TENREIRO, 1996], [SILVA & TENREIRO, 1998], [SILVA & TENREIRO, 1999], [SILVA & TENREIRO, 2000].

Para comandar próteses de membros antropomórficos a partir da utilização dos sinais mioelétricos, há a necessidade do estudo aplicado do sistema eletromiográfico, para que se possa fazer a interface entre o sistema nervoso e os respectivos grupos musculares artificiais ativados pelas respectivas terminações nervosas através de neuro-sintetizadores que tem a função de compatibilizar o sinal biológico ao circuito elétrico do sistema artificial.

A partir da utilização de eletrodos, há a captação destes sinais, que são usados para dar a partida a um sistema acionador de um setor equivalente do membro artificial. A captação dos sinais mioelétricos pode ser feita por eletrodos de superfície ou eletrodos implantados no usuário da prótese. Ambos têm suas vantagens e seus inconvenientes, pois os eletrodos de superfície captam sinais da musculatura superficial, não atingindo a musculatura mais profunda. Já os eletrodos internos, captam os sinais mioelétricos dos músculos de todas as camadas, porém, mesmo sendo constituídos por materiais inertes, tais como platina ou mesmo ouro encapsulados em alguns casos por silicone cirúrgico, podem gerar a formação de mutação celular dos tecidos da região do implante do eletrodo.

É de fundamental importância a restauração principalmente das sensibilidades tátil e térmica, e da percepção para que se possa fazer o controle da preensão de um objeto como também a avaliação da temperatura em que os objetos a serem apreendidos se encontram para que não ocorram danos nem para o usuário e nem para o equipamento. Em próteses biônicas, os sensores e detectores têm por missão enviar sinais elétricos analógicos ou digitais para as placas microcontroladoras, correspondentes as grandezas a monitorizar. Para tanto, se encontram ligados a entradas analógicas ou digitais das Placas.

Além destes elementos sensores, também são utilizados acelerômetros, inclinômetros, potenciômetros ou encoders, conforme o caso, para que se possam ser fornecidas informações relativas a parâmetros cinemáticos e dinâmicos ao sistema de controle, para que se possa desenvolver a correção dos possíveis erros durante a operação de acionamento [TENREIRO & GALHANO, 1993].

2.7.1 Sensores de carga

Um dos principais problemas apresentados pelas mãos artificiais disponíveis no mercado é que a maioria delas não tem sensibilidade a preensão de objetos. No sistema natural humano, através do contato das várias áreas da superfície da mão com um objeto qualquer preso por ela e do mecanismo da visão, é possível ao cérebro controlar, a o grau de preensão, não permitindo nem o escorregamento nem a deformação do objeto envolvido na tarefa respectiva.

Quando uma mão humana segura um objeto, milhares de terminações nervosas subcutâneas alimentam uma corrente constante de informação que retornam para o cérebro de modo que os movimentos dos dedos e da palma da mão são constantemente ajustados e reajustados para acomodar as características do objeto ou desempenhar uma dada tarefa.

Em um sistema artificial, o controle da preensão pode ser feito usando extensímetros (Strain Gages), que fornecem a um sistema de controle em malha fechada a medida das deformações causadas por esforços feitos pela estrutura, tais como tração, compressão, torção ou flexão.

A aplicação desta tecnologia permite o dimensionamento dos parâmetros de rigidez, segurança e confiabilidade, dando suporte para a análise das fadigas nas estruturas e conseqüentemente a análise experimental das propriedades mecânicas dos materiais.

Mesmo na tarefa de dimensionamento de atuadores artificiais, a partir da análise dos músculos naturais, o esforço exercido pelo sistema muscular de um membro em uma determinada atividade pode ser medida aplicando-se a mesma técnica, através do acoplamento destes sensores em pontos estratégicos, sendo possível a partir disso, obter informações relativas a força e o momento efetuado pelos diversos grupos musculares do membro.

Para esta análise se faz necessário o desenvolvimento de circuitos elétricos para medições extensimétricas estáticas, dinâmicas e estático-dinâmicas. Nestas implementações, é importante que sejam considerados:

- A linearidade dos extensímetros,
- Os possíveis efeitos das resistências parasitas nos cabos de ligação e
- A disposição dos extensímetros sobre o corpo de prova com a finalidade de medição de esforços de tração ou compressão, flexão, corte e torção, obtendo as expressões das relações sinal medido e sinal de alimentação.

2.7.2 Sensores de Temperatura

Para fornecer ao sistema informações referentes à temperatura, são aplicados termistores de alta precisão (figura 2.32) que fornecem a medida instantânea da temperatura sob a forma de sinais analógicos para a rede de comunicação.

Os termistores disponíveis atualmente, em geral, apresentam precisão, segurança e durabilidade, sendo estes elementos indispensáveis em aplicações nas áreas médicas, podendo ser dimensionados para que apresente características, elétricas e físicas, compatíveis ao sistema eletro-eletrônico do sistema de controle. Estes transdutores têm em média uma precisão de $\pm 0.1^\circ \text{C}$ entre 0°C e 70°C $\pm 0.3^\circ \text{C}$ até -55°C e $\pm 0.15^\circ \text{C}$ até 100°C , Constante de tempo (Kt) de 2 a 10 segundos.

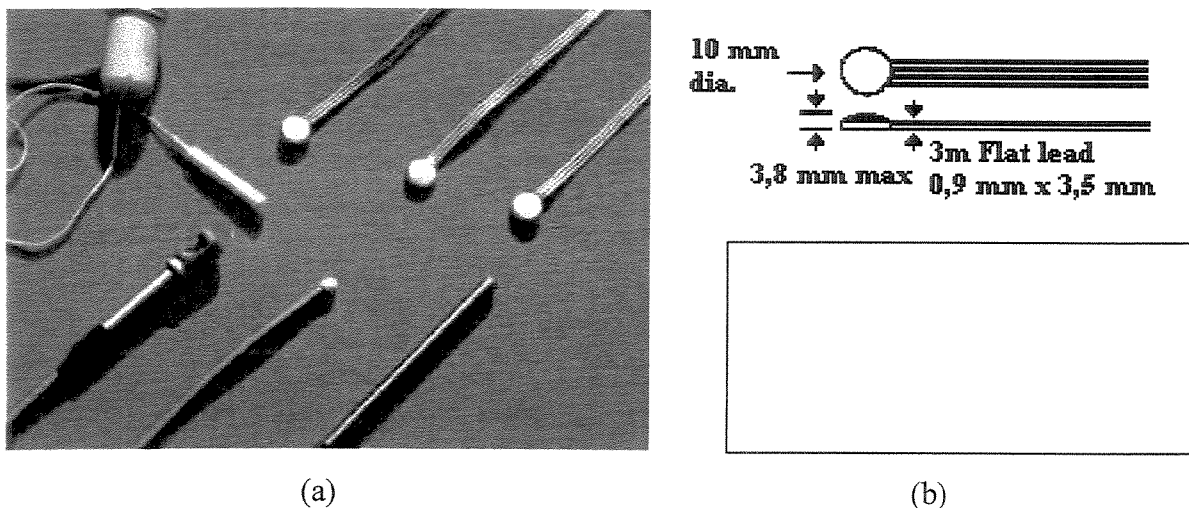


Figura 2.32 – Termosensores

- (a) Modelos de Termistores;
- (b) Dimensões de termistores utilizados em próteses antropomórficas.

2.7.3 Sistemas de Acionamento de Próteses

O sistema de acionamento de próteses deve ser feito através de atuadores com funcionamento análogo aos atuadores naturais, que são os músculos, sendo que estes devem ser

lineares, apresentarem velocidade de resposta, contração e dilatação equivalentes aos músculos, não trazendo risco de segurança ao usuário quando utilizados [GALHANO, CARVALHO, TENREIRO, 1991], [GALHANO, CARVALHO, TENREIRO, 1992].

Atualmente, existem muitas filosofias de acionamento linear, se destacando a utilização de:

- Ligas metálicas que tem resposta a variação de temperatura, alterando suas propriedades de dimensão e rigidez (SMA) [GILBERTSON, 1994];
- Polímeros;
- Atuadores lineares eletromagnéticos [TENREIRO, 1993];
- Atuadores lineares pneumáticos (Músculos a ar);
- Fibras de polyacrilonitril que tem dilatação proporcional a variação do pH;
- Fibras de Polímeros (polypyrrole polythiophene e polyaniline) com redução e oxidação químicas reversíveis.

Uma análise detalhada de acionadores lineares é feita no capítulo 6, onde também é descrita a implementação se SMAs para o acionamento de uma junta robótica antropomórfica.

2.7 Comentários finais

Neste capítulo, foi feita uma abordagem global sobre a evolução das próteses de membros superiores e inferiores, visando a conscientização da necessidade do desenvolvimento dos elementos constituintes de um membro artificial, principalmente no que tange a tarefa de implementação de controle nas próteses ativas, atualmente denominadas próteses cibernéticas, sendo que uma pesquisa mais aprofundada pode ser realizada a partir dos endereços dos maiores centros de pesquisa do mundo, descritos no Anexo V.

A partir da análise da realidade exposta, pode-se concluir que há a necessidade da evolução de muitas das partes constituintes das próteses. As próteses ainda apresentam massa elevada e certa fragilidade, havendo a necessidade do desenvolvimento de componentes mais fortes e leves.

Quanto aos sistemas de acionamentos, ainda são lentos e apresentam certa debilidade de esforço, havendo a necessidade do desenvolvimento de sistemas de acionamento mais rápidos e que propiciem uma maior força de preensão, maior torque no punho.

Elementos que contribuem negativamente para o aumento da massa da prótese são as baterias que deveriam apresentar de maior capacidade e menor dimensão.

Verificou-se também neste capítulo o problema estético da prótese. Para que haja a melhora deste fator há a necessidade do desenvolvimento de circuitos eletrônicos menores, luvas cosméticas que sejam mais duráveis e estéticas.

Mecanicamente e praticamente, haveria uma evolução muito grande na área se fossem desenvolvidas mãos multiposicionais com dedos de articulação ativa independentes, uma maior intercambialidade entre os componentes, melhores sistemas de acoplamento da prótese ao coto.

Para tal proposta, há a necessidade da aplicação de conceitos de robótica, relevando a analogia comparativa com o sistema natural na tarefa inicial da modelagem cinemática e dinâmica, para que, a partir da utilização de sinais mioelétricos, possa ser possível reproduzir movimentos equivalentes ao dos membros naturais.

Capítulo 3

Anatomia e a Fisiologia dos Membros Superiores e Inferiores

3.1 Introdução

O grande desafio na área do desenvolvimento de próteses está na tarefa do projeto de sistemas artificiais que possam reproduzir as funções exercidas pelos sistemas naturais. Para tal intento, há a necessidade do estudo da anatomia [DANGELO & FATTINI, 1998], da fisiologia [KAPANDJI I, 1987], [KAPANDJI II, 1987], [KAPANDJI III, 1987] e da cinesiologia [PHILIP, 1977], pois, é através do conhecimento anatômico, fisiológico e cinesiológico do sistema articular, muscular e nervoso dos membros superiores e inferiores do corpo humano, que se torna possível o dimensionamento dos elementos constituintes de uma prótese e a elaboração das modelagens cinemática e dinâmica correspondentes [ROSÁRIO, 1990], permitindo assim ao sistema artificial a reprodução de movimentos naturais, o controle do acionamento dos seus atuadores e a resposta sensorial térmica e tátil [CUTKOSKY, 1977].

Este capítulo tem como por objetivo a descrição de uma forma compacta das estruturas esquelética e muscular e a análise dos movimentos dos membros superiores e inferiores, levando em consideração a abordagem de parâmetros fundamentais na engenharia biocibernética.

3.2 Estrutura articular dos membros superiores

3.2.1 Estrutura articular da cintura escapular até a região do antebraço

A cintura escapular até a região radioulnar é composta por cinco ossos que são (figura 3.1):

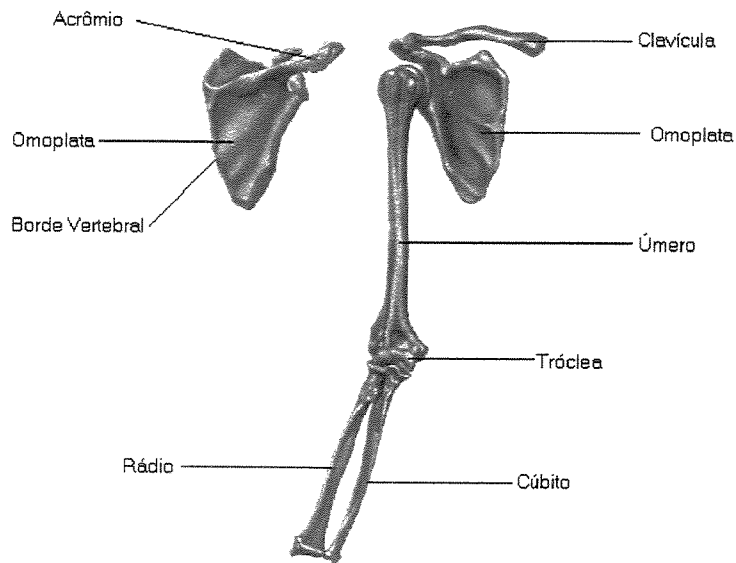


Figura 3.1 – Sistema articular do membro superior

A clavícula: As clavículas são dois ossos dispostos horizontalmente no alto do tórax, que formam, cada qual, a parte superior de um ombro. Cada clavícula oferece pontos de fixação para os músculos do ombro e do tórax e atua como suporte para a escápula e o úmero.

O omoplata (ou escápula): É o osso de lâmina do ombro. As omoplatas situam-se na parte posterior dos ombros. Elas formam articulações imóveis com as clavículas e prendem-se à caixa torácica por músculos que permitem o movimento dos ombros. A escápula tem duas superfícies articulares: uma no acrômio, para receber a clavícula e outra no angulo lateral, a cavidade glenóide que recebe a cabeça do úmero.

O úmero: O úmero é o osso do braço. Na extremidade superior, o úmero une-se ao ombro; na inferior, no cotovelo, ele forma uma articulação em dobradiça com os dois ossos do antebraço, o rádio e o cúbito (ulna).

O rádio (ou cúbito): Situa-se lateralmente a ulna. A extremidade proximal compreende a cabeça, que se articula com o capítulo do úmero superiormente e com a ulna medialmente. A extremidade distal articula-se com ossos do carpo e apresenta no angulo lateral o processo estilóide do rádio.

A ulna: Osso medial do braço que se articula com o úmero, através dos processos coronóide e olécrano.

A região do ombro é composto por cinco articulações que formam o complexo articular do ombro. Estas cinco articulações se dividem em dois grupos sendo o primeiro constituído pelas articulações Escápulo-Umeral e Subdeltoidiana e o segundo pelas articulações escápulo-torácica, acrômio-clavicular e esterno-costo-clavicular. Em cada um dos dois grupos, as articulações são mecanicamente ligadas, funcionando, portanto todas ao mesmo tempo.

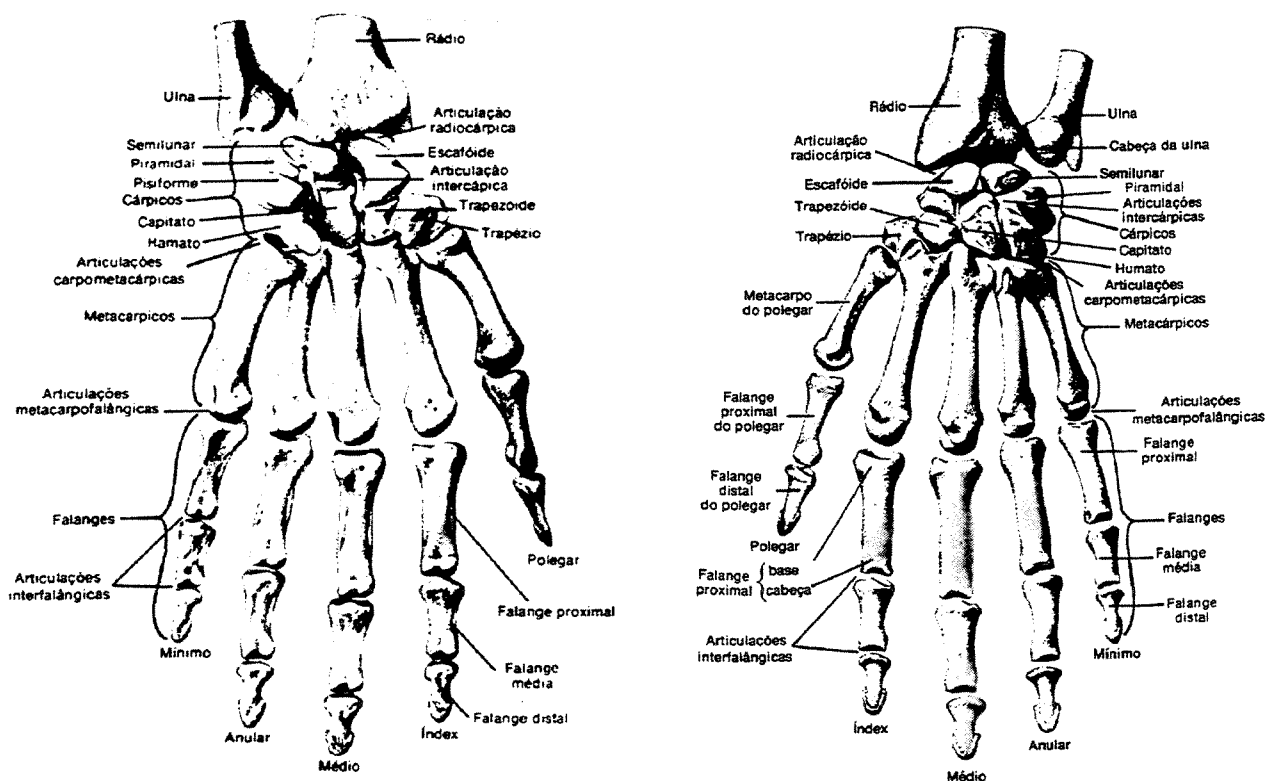
3.2.2 Estrutura articular da mão – Ferramenta terminal

A mão compreende vinte e sete ossos e mais de vinte articulações (figura 3.2), enquanto que a sua ação envolve o uso de trinta e três músculos diferentes. Os ossos da mão formam três grupos:

- 1) Os **ossos do carpo**, em número de oito, dispostos em duas fileiras com quatro ossos cada uma.
- 2) Os cinco **metacarpos**, numerados a partir do polegar e,
- 3) Quatorze **falanges**, em três fileiras, sendo que a proximal e a distal contêm cinco ossos cada uma e a segunda fileira, quatro, porque esta falange não está presente no polegar. Os ossos do carpo têm forma muito irregular e são denominados, como se segue a partir do polegar:

- **Primeira Fileira:** escafóide, semilunar, piramidal e pisiforme.
- **Segunda Fileira:** trapézio, trapezóide, capitato e hamato.

Os cinco metacarpos são numerados de I a V, começando do polegar. Os cinco dedos da mão são numerados como os metacarpos correspondentes, mas são mais comumente designados como polegar, indicador, médio, anelar e mínimo.



(a) Face palmar da mão esquerda

(b) Face dorsal da mão esquerda.

Figura 3.2 – Sistema articular da mão humana

3.2.2.1 As articulações do punho

A articulação radiocárpica e as várias articulações intercarpianas constituem a articulação do punho. Esta articulação radiocárpica está situada entre a extremidade do rádio, o escafóide, o semilunar e o piramidal. Os principais mecanismos do sistema ligamentoso do punho são o ligamento ulnocárpico palmar e o ligamento radiocárpico.

A articulação intercarpiana é uma articulação deslizante, situada entre as duas fileiras de ossos carpianos. A articulação é sustentada pelos ligamentos palmares, que unem a superfície palmar dos ossos da primeira fileira, com a superfície palmar do capitato.

3.2.2.2 As articulações carpometacárpicas

As articulações carpometacárpicas são articulações deslizantes, com exceção da primeira (do polegar), que é uma articulação em sela o qual permite boa liberdade de movimentos para

este dedo. O II, III, IV, V metacarpos acham-se unidos, entre si e aos ossos do carpo, pelos ligamentos dorsal, palmar e interósseo. A segunda e a terceira articulação carpometacárpica são virtualmente imóveis, mas a quinta e, em menor extensão, a quarta permite uma ligeira flexão, auxiliando no processo de colocar a palma da mão na forma de cone.

A primeira articulação carpometacárpica (a do polegar) é atípica, permitindo um único, porém, extenso movimento. O polegar está mais distante do indicador do que os outros dedos entre si; ele gira em torno de seu eixo, fazendo com que a flexão mova o I metacarpo através da palma, num plano paralelo à mesma. O movimento de retorno, que termina numa separação lateral entre o I e o II metacarpo, é denominado extensão.

3.2.2.3 As articulações metacarpofalangianas

A primeira articulação metacarpofalangiana (a do polegar) é uma articulação em dobradiça, que só permite uma flexão e uma extensão de, aproximadamente, 90°. A região compreendida da segunda até a quinta articulação metacarpofalangiana possui dois graus de liberdade.

Primeiro: flexão e extensão, que pode ser de 90°.

Segundo: São possíveis movimentos laterais (abdução e adução).

3.2.2.4 As Articulações interfalangiana

O polegar possui uma articulação interfalangiana e, os demais dedos, uma articulação interfalangiana proximal e distal. Todas as articulações interfalangianas possuem um só grau de liberdade do tipo dobradiça, capazes somente de flexão e extensão. Cada uma possui uma cápsula, um ligamento palmar e dois ligamentos colaterais, que evitam qualquer hiperextensão.

3.3 O Sistema muscular dos membros superiores

No projeto de um manipulador artificial, de arquitetura equivalente ao sistema natural, principalmente na ação de inserção dos atuadores na estrutura, é necessário o conhecimento anatômico completo do sistema muscular dos mecanismos naturais.

Devido a estrutura muscular dos membros superiores e inferiores apresentar uma alta complexidade, para simplificar seu estudo, organiza-se seus elementos atuadores por grupos que acionam as articulações que a constitui. A seguir, são descritos os músculos que atuam nos membros superiores, sendo que os detalhes de localização e inserção são encontrados no Anexo I.

3.3.1 Músculos que atuam nos membros superiores

Os seis músculos principais, que atuam sobre a articulação da cintura escapular são o trapézio, o elevador da escápula, o rombóide, o serrátil anterior, o peitoral menor e o subclávio.

Os onze principais músculos que atuam sobre articulação do ombro são o deltóide, o supra-espinhal, o peitoral maior, o coracobraquial, o subescapular, o grande dorsal, o redondo maior, o infra-espinhal, o redondo menor, o bíceps e o tríceps.

Os oito músculos principais que atuam sobre a articulação do cotovelo e radioulnar são o bíceps braquial, o braquial, o braquiorradial, o pronador redondo, o pronador quadrado, o tríceps braquial, o ancônio e o supinador.

3.3.2 Músculos que atuam sobre a articulação do punho

Os seis principais músculos que atuam na articulação do punho são o flexor radial do carpo, o extensor radial longo do carpo, o palmar longo, o extensor radial curto do carpo, o flexor ulnar do carpo e o extensor ulnar do carpo.

3.3.3 Músculos Motores dos Dedos

No antebraço existem três músculos que atuam sobre os quatro dedos ao mesmo tempo, sendo que, dois são flexores e um é extensor. Eles são denominados flexor superficial dos dedos, flexor profundo dos dedos e extensor dos dedos.

Cada um desses músculos possui quatro tendões, que vão aos quatro dedos da mão, iniciando no quarto inferior do antebraço sendo cada tendão acionado por grupos separados de fibras musculares, tornando possível flexionar e estender os dedos, separadamente ou em

conjunto. A grande diferença observada na capacidade de diferentes indivíduos para realizar esses movimentos obedece a diferenças na coordenação conseqüente a vários tipos de treinamento e não às diferenças estruturais dos músculos. Dois músculos extrínsecos menores atuam, seletivamente, sobre os dedos que são o extensor do índice e o extensor do dedo mínimo.

3.3.4 Músculos da Mão

Existem três grupos de pequenos músculos, situados na mão, que contribuem na flexão e na extensão dos dedos e, também, na adução e abdução dos mesmos. Esses músculos, em número de onze, são quatro lumbricais, quatro interósseos dorsais e três interósseos palmares.

Os lumbricais estão situados na palma da mão e, os interósseos, entre os ossos metacárpicos. Todos atuam na flexão das falanges proximais e na extensão das falanges médias e distais. Além disso, existem três músculos que atuam somente no dedo mínimo, contribuindo, com sua ação, em algumas das características incomuns da mão, estes músculos são o abdutor do dedo mínimo, o flexor curto do dedo mínimo e o oponente do dedo mínimo.

3.3.5 Músculos que acionam o Polegar

Dos oito músculos que movem o polegar, quatro estão localizados no antebraço, e quatro, na eminência tenar. Alguns desses músculos correspondem aos músculos que atuam sobre os dedos. Estes músculos são o extensor longo do polegar, o flexor curto do polegar, o extensor curto do polegar, o oponente do polegar, o abdutor longo do polegar, o abdutor curto do polegar, o flexor longo do polegar e o adutor do polegar.

3.4 Análise fisiológica articular e cinesiológica da Cintura Escapular

Para que seja possível a confecção de uma prótese que venha a substituir e assumir as principais funções de um membro natural que foi amputado, há a necessidade do estudo fisiológico articular e cinesiológico do complexo natural, pois, é só depois desta análise que se torna possível a confecção de um projeto e do estabelecimento de parâmetros para o controle cinemático dos movimentos como também da geração de trajetórias do sistema articular artificial, para que sejam análogos funcionalmente e estruturalmente ao sistema natural.

3.4.1 Movimentos da cintura escapular

Todos os movimentos da cintura escapular são descritos em termos do movimento da escápula. Nesses movimentos, sempre participam as duas articulações descritas anteriormente, sendo que a maior parte destes movimentos está intimamente integrada com os movimentos do braço, aumentando grandemente a amplitude dos seus movimentos. Em suma, a escápula serve como uma base móvel, sobre a qual atua o braço [KAPANDJI I, 1987].

O principal objetivo de todos os movimentos do ombro é de aumentar a área através da qual a mão pode-se mover. Em quase todos os movimentos do braço, existe um movimento associado na cintura escapular.

3.4.2 Movimentos das articulações do ombro

Partindo da posição de repouso ao lado do corpo, o movimento do braço, em qualquer direção que o afaste do corpo, pode ser chamado elevação. A elevação do braço para frente, a partir da posição anatômica, é denominada flexão; o movimento de retorno é a extensão. A elevação para trás, que é uma continuação de extensão, se chama hiperextensão. A abdução é a elevação lateral do braço; a adução é o movimento de retorno. A posição terminal extrema da abdução é a mesma que da flexão, embora deva ser notado que uma rotação para cima da cintura escapular deve ser acrescentada aos movimentos da articulação do ombro, a fim de alcançar esta posição vertical. É possível elevar o braço em planos diagonais entre abdução e flexão e entre

abdução e hiperextensão, mas não existe uma terminologia uniforme para estes movimentos diagonais.

A rotação interna é a rotação do úmero em torno de seu eixo maior, de modo que sua face anterior se mova medialmente. A rotação externa é o oposto, com a face anterior se deslocando lateralmente. Quando o braço não está na posição anatômica, torna-se determinar se a rotação é externa ou interna. Deve-se observar através do eixo maior do braço direito até a direção do cotovelo; assim toda rotação no sentido anti-horário é interna e toda rotação no sentido horário é externa.

Se o braço está flexionado no plano horizontal, ele pode se mover horizontalmente para trás. Este movimento denomina-se extensão: abdução horizontal (que pode ser abreviada por extensão horizontal ou abdução horizontal). O movimento oposto: o deslocamento do braço horizontalmente para frente: chama-se flexão: adução horizontal (que pode ser abreviada tanto por flexão horizontal como por adução horizontal). Como por principais movimentos do ombro temos:

a) Elevação do braço

A flexão e a abdução do braço são acompanhadas pela rotação superior da cintura escapular. Durante os primeiros 30° a 60° da elevação do braço, a escápula pode permanecer estacionária, ou pode realizar a rotação superior num padrão que vai depender da natureza da posição de partida, da rapidez do movimento, da magnitude e direção das resistências e de outros aspectos variáveis da situação. Uma vez realizada a abdução de 30°, ou depois que se fez uma flexão em 60°, a relação entre a elevação do braço e a rotação da escápula para cima tornasse muito consistente, de modo que cada 2 graus de movimento da articulação do ombro, são acompanhados por 1 grau de rotação escapular.

A elevação posterior do braço (hiperextensão) raramente se acompanha de rotação da escápula para cima, mas é geralmente acompanhada pela elevação da cintura escapular.

A flexão da articulação do ombro envolve, normalmente, uma abdução concomitante da cintura escapular, juntamente com uma rotação superior, especialmente se o movimento é de extensão ou impulsão para frente. O Serrátil anterior tem grande importância nesse movimento de impulsão ou extensão, porque é o único músculo que pode abduzir e girar para cima a cintura escapular.

b) Depressão do braço

A extensão da articulação do ombro é, geralmente, acompanhada pela rotação para baixo e adução da cintura escapular; a adução isolada envolve, em geral, uma rotação para baixo exclusivamente. Se a resistência consiste somente no peso da extremidade superior (com ou sem a carga de um objeto seguro na mão) e se o tronco se encontra em posição ereta, o movimento se realiza pela contração excêntrica dos rotadores superiores da cintura escapular e pelos elevadores da articulação do ombro. Se outros tipos de forças estiverem presentes, como ao se tracionar sobre uma corda horizontal, os rotadores inferiores e os adutores da cintura escapular e os extensores da articulação do ombro devem contrair-se concentricamente. Neste último exemplo, o grande dorsal também se contrai e tem uma tendência indireta em aduzir e rodar a cintura escapular para baixo, a medida que estende a articulação do ombro. Na adução forçada da articulação do ombro, frente a uma resistência, a ação do grande dorsal é reforçada pela porção esternal do peitoral maior. Isto provoca a adução da articulação do ombro, juntamente com a rotação inferior da cintura escapular, fazendo com que as tendências desses músculos de provocarem desvios anteriores e posteriores do braço e da articulação do ombro sejam neutralizadas. As contribuições do grande dorsal e do peitoral maior, a ação da cintura escapular, são demonstradas com clareza, na flexão horizontal nas barras paralelas, e quando se levanta de uma cadeira empurrando-a para baixo com os braços.

c) Rotação do braço

A rotação interna da articulação do braço é acompanhada pela abdução da cintura escapular enquanto que a rotação externa é, geralmente, acompanhada pela adução da cintura escapular. Essas tendências são mais acentuadas quando a rotação é levada ao máximo.

d) Movimentos horizontais do braço

A flexão horizontal da articulação do ombro é, geralmente, acompanhada por uma abdução da cintura escapular; a extensão horizontal é, comumente, acompanhada por uma adução da cintura escapular.

3.5 Movimentos fundamentais do Cotovelo

O cotovelo é um gínglimo duplo ou uma articulação em dobradiça, e realiza a junção mecânica entre o braço e o antebraço. O cotovelo executa a flexão-extensão e a prono-supinação (figura 3.3).

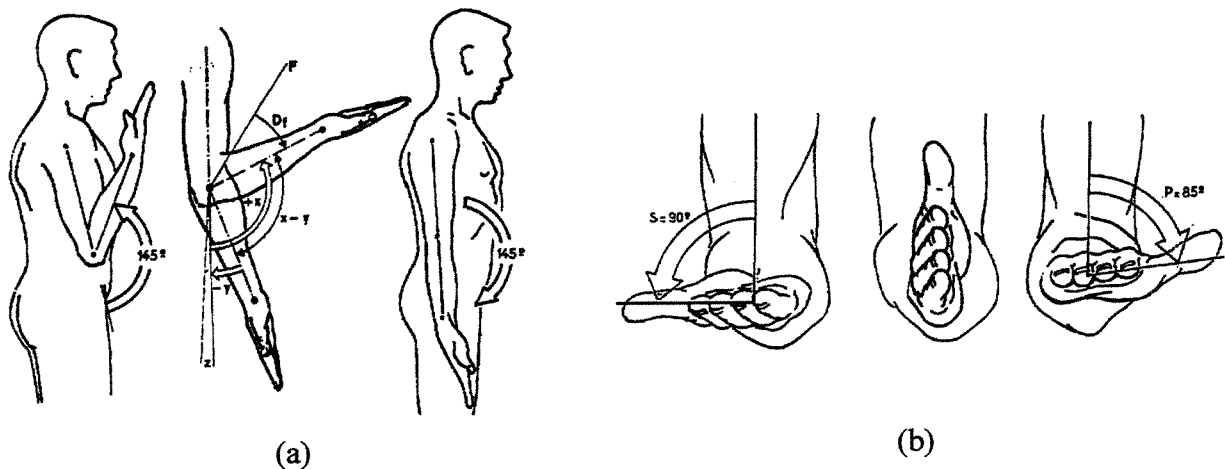


Figura 3.3 - Movimentos da articulação do cotovelo

- (a) Flexão que é o movimento que leva o antebraço para frente e Extensão que é o movimento que leva o antebraço para trás;
- (b) Prono-supinação que é o movimento de rotação do antebraço em torno de seu eixo longitudinal.

3.6 Movimentos do Punho

O complexo articular do punho possui dois graus de liberdade. Com a prono-supinação, rotação do antebraço sobre seu eixo longitudinal, a mão pode ser orientada sob qualquer ângulo para pegar ou sustentar um objeto. O complexo articular do punho comporta duas articulações:

- 1) A **radiocarpiana**, que articula a glenóide antebraquial como côndilo carpiano;
- 2) A **mediocarpiana**, que articula entre elas as duas fileiras dos ossos do carpo.

Estas articulações geram os movimentos e Abdução-Adução e Flexão-Extensão

A combinação destes movimentos gera a circundação, que é um movimento simultâneo no qual o eixo da mão descreve no espaço uma superfície cônica.

Os músculos acionados na flexão, extensão, abdução e extensão do punho são:

Flexão - O flexor radial do carpo e o flexor ulnar do carpo produzem flexão. A tendência do primeiro em realizar abdução é neutralizada pela tendência desse último em realizar adução e vice-versa.

Extensão - O extensor ulnar do carpo e o extensor radial do carpo (longo e curto considerados em conjunto) produzem a extensão. A tendência do primeiro em realizar adução é neutralizada pela tendência desse último de realizar abdução e vice-versa.

Abdução - O flexor radial do carpo e o extensor radial do carpo produzem a abdução. A tendência do primeiro em realizar flexão é neutralizada pela tendência desse último em realizar extensão e vice-versa.

Adução - O flexor ulnar do carpo e o extensor ulnar do carpo produzem adução. A tendência do primeiro em realizar flexão é neutralizada pela tendência desse último em realizar extensão e vice-versa.

3.7 Movimentos dos Dedos

A expansão dorsal ou expansão extensora. O mecanismo da extensão dos dedos não pode ser explicado racionalmente, se forem consideradas apenas as inserções ósseas diretas da musculatura dos dedos. É necessário compreender as complexas ramificações tendinosas, altamente especializadas, conhecidas como expansão dorsal ou expansão extensora.

Uma expansão extensora é encontrada na face dorsal de cada dedo, com uma estrutura um pouco modificada no polegar. Na Fig. 3.4 é mostrado um diagrama da arquitetura essencial da expansão extensora.

A estrutura consiste em ramificações sistemáticas dos tendões de inserção do extensor dos dedos, dos músculos interósseos, dos lumbricais e de alguns dos músculos tenares e hipotenares. Esta estrutura é basicamente triangular, com uma ampla base ou túnica formada pelas cintas laterais, que se separam do tendão extensor dos dedos ao nível da articulação metacarpofalângica. Esta túnica envolve, parcialmente, os lados da base terminal da falange proximal, cobrindo a inserção óssea direta dos músculos interósseos. Distalmente à túnica, cada músculo interósseo envia um tendão à expansão extensora, formando os lados do triângulo, chamados de bandas laterais. Distalmente a essas bandas, na diáfise da falange proximal, os lumbricais também vão se inserir na expansão extensora. As bandas laterais convergem distalmente e se inserem na superfície dorsal da extremidade proximal da falange distal. O principal tendão do extensor dos dedos forma a cinta média da expansão extensora e vai se inserir na superfície dorsal da base da falange média. A cinta média também recebe fibras provenientes dos músculos interósseos e dos lumbricais; da mesma forma, o tendão do extensor dos dedos expande-se para fora e contribui na formação das bandas laterais.

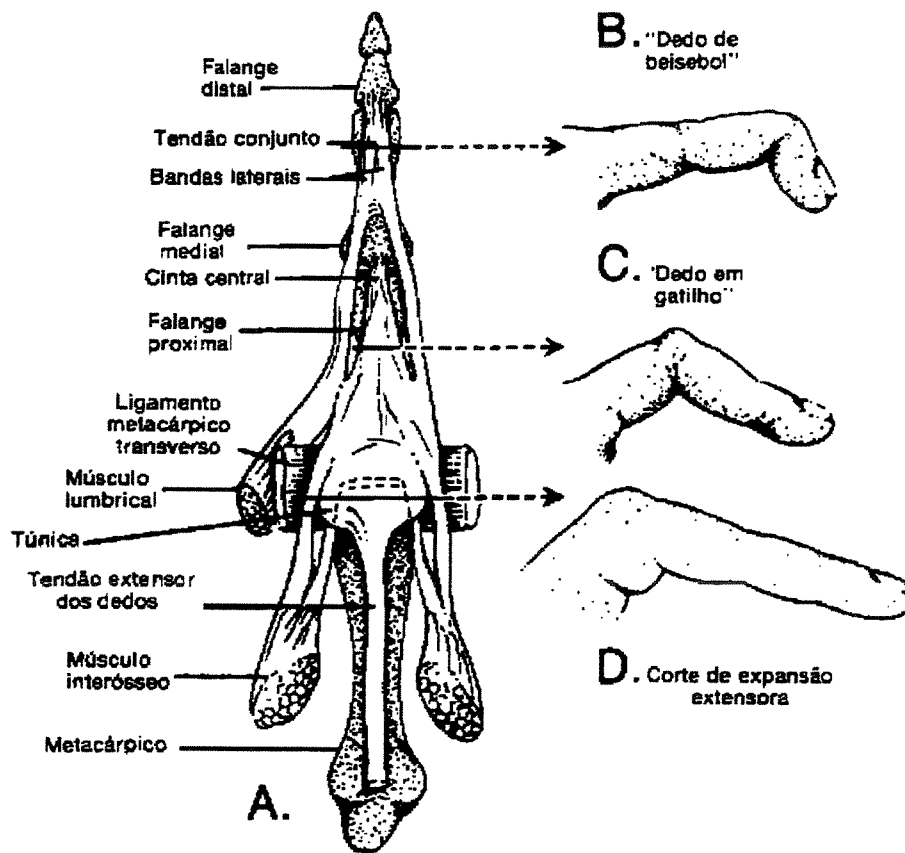


Fig. 3.4 –Sistema de acionamento e transmissão de um dedo de uma mão humana.

A expansão extensora permite que o extensor dos dedos estenda as falanges distais dos dedos, assim como as falanges proximais e distais mais próximas. Os lumbricais e os interósseos, contudo, penetram na expansão extensora, ao nível das bandas laterais e em parte da túnica que se curva em redor dos lados das bases da falange proximal, de modo a causar flexão da falange proximal (ao nível da articulação metacarpofalângica) e extensão das falanges médias e distais. Somente devido a este mecanismo, é possível executar ações como escrever e costurar com uma agulha. Estas atividades requerem flexão metacarpofalângica e extensão interfalângica e só podem ser realizadas pelos lumbricais e interósseos, mas não pelo extensor dos dedos. A paralisia dos lumbricais e dos interósseos deixa a cargo, apenas do extensor dos dedos, estender as articulações interfalângicas. Estas ações, sem auxílio, fazem com que ocorra extensão simultânea da articulação metacarpofalângica, ("mão em garra") tornando impossível muitos atos delicados da mão, que requerem extensão das falanges distais juntamente com flexão da falange proximal.

Em outras palavras, tais paralisias fazem com que seja possível flexionar todas as falanges, apenas com o flexor longo dos dedos, ou a extensão de todas as falanges, pelo extensor longo dos dedos.

Se o movimento desejado é a extensão da falange proximal, com a flexão simultânea das falanges médias e distais, a contração do extensor dos dedos e do flexor longo dos dedos irá produzir o resultado desejado.

3.8 Individualidade da flexão e da extensão dos dedos.

O flexor superficial dos dedos e o flexor profundo dos dedos são compostos por feixes separados de fibras que podem ser estimulados, individualmente, para ativar os tendões do flexor longo dos quatro dedos, individualmente. A datilografia e o manejo de certos instrumentos musicais exigem o domínio dessas individualizações. O extensor dos dedos é incapaz de mover os dedos independentemente, na mesma proporção dos flexores, devido às três bandas fibrosas que conectam os tendões extensores entre si, ao nível do dorso da mão. Esta limitação é especialmente grande para o dedo anelar. Contudo, o índice e o dedo mínimo possuem seus próprios músculos extensores, o extensor do índice e o extensor do dedo mínimo, respectivamente.

Estes pequenos músculos estão inseridos no tendão correspondente do extensor dos dedos e nas expansões extensoras, junto com os outros pequenos músculos individuais dos dedos; permitem dessa forma, uma espantosa versatilidade de finos movimentos digitais. A paralisia de uns poucos músculos dos dedos irá reduzir a capacidade funcional da mão a uma simples garra.

3.9 Extensores das articulações interfalângicas.

Quando a articulação metacarpofalângica é mantida em extensão, o músculo extensor dos dedos é, primariamente, responsável por este movimento; porém, este músculo não possui uma capacidade de encurtamento suficiente para estender as duas articulações interfalângicas, ao mesmo tempo. Sob essas condições, os lumbricais e os interósseos que estão distendidos devido à

extensão metacarpofalângica, tornam-se os motores primários da extensão das articulações interfalângicas.

A situação se inverte quando a articulação metacarpofalângica é mantida em flexão. Neste caso, os lumbricais e os interósseos esgotaram sua capacidade de encurtamento, ao produzir a flexão metacarpofalângica sendo capazes de se contrair ainda mais, para produzir a extensão das articulações interfalângicas. Contudo, o extensor dos dedos está distendido devido à flexão metacarpofalângica e, dessa forma, pode empregar sua capacidade de encurtamento para tornar-se o motor primário da extensão interfalângica.

Como os músculos extrínsecos e intrínsecos dos dedos abarcam mais do que uma articulação, a contribuição de um determinado músculo, para qualquer uma das quatro posições básicas dos dedos (Figura 3.5), pode ser determinada, somente, considerando-se as posições das diversas articulações, assim como dos músculos.

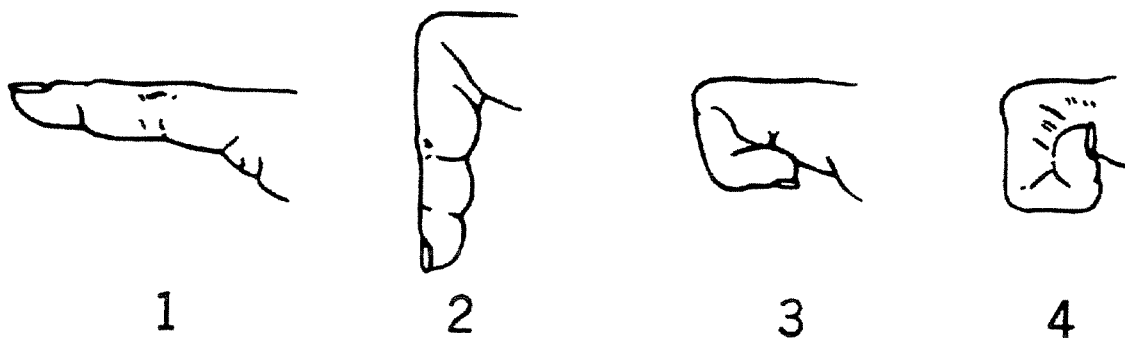


Fig. 3.5 - Quatro posições básicas do dedo.

- 1, Extensão completa. Extensão metacarpofalângica, extensão interfalângica.
- 2, Posição lumbrical. Flexão metacarpofalângica extensão interfalângica.
- 3, Gancho. Extensão metacarpofalângica, flexão interfalângica.
- 4, Flexão completa Flexão metacarpofalângica, flexão interfalângica.

3.10 Movimentos do Polegar

A oposição do polegar com os demais dedos é uma ação exclusiva deste dedo. Embora o adutor do polegar e o flexor longo e curto do polegar participem da oposição, a contração do opoente do polegar é um fator crucial. Quando este último está paralisado, a oposição verdadeira é impossível, mesmo que não estejam afetadas a abdução e a flexão do polegar, nas articulações metacarpo-falângicas e interfalângicas.

Quando se fecha fortemente o punho, ou no emprego simples da mão, como ao empunhar o cabo de um martelo, o abductor do polegar leva-o para fora da mão, enquanto que o opoente do polegar gira seu metacarpo, levando-o para diante da palma da mão, em frente aos dedos. Os dedos são flexionados pela contração dos flexores superficiais e profundos. Isto se acompanha ou é seguido, imediatamente, pela contração do adutor do polegar e pelo flexor do polegar, juntamente com a extensão do punho para completar o movimento.

No ato de cortar alguma coisa, ou quando se usa um martelo, há, também, uma forte adução do punho. No uso de ferramentas pesadas, como o machado, o martelo, o serrote, a plaina e a chave inglesa, entram em ação, principalmente, os três flexores do polegar. Em tarefas mais delicadas, como o uso de uma pena, um lápis, uma agulha ou outros instrumentos pequenos, onde as pontas do polegar e dos dedos devem estar juntas, torna-se necessário manter o polegar em oposição e flexionar a falange proximal dos dedos, quase em ângulo reto, porque o polegar é muito mais curto que os demais dedos.

Ao se escrever com uma caneta ou com um lápis, e empregando o assim chamado "movimento digital", torna-se necessária a utilização de vários músculos. Quando se segura uma caneta entre o polegar e os dois dedos contíguos, entram em ação os flexores superficiais e profundos, juntamente com os três flexores e o abductor do polegar.

Para fazer um traço ascendente com a caneta, os lumbricais e os interôsseos se contraem e estendem as duas últimas falanges, flexionando, contudo, mais a primeira; no polegar, ocorre um movimento semelhante ao o do osso metacarpo, sendo fletido sobre o punho e estendendo-se às demais articulações. Para fazer um traço descendente, os dois flexores dos dedos unem-se com o

extensor dos dedos, a fim de trazer as pontas dos dedos para mais perto da palma da mão, enquanto que o abdutor longo do polegar atua com seus flexores longo e curto, para obter o mesmo resultado com esse dedo.

Os peritos em seguros por acidentes calculam o valor do polegar como sendo metade do valor de toda a mão. Sua utilidade se deve, em grande parte, à sua oposição em relação aos demais dedos e à consequente capacidade de preensão e sustentação dos objetos entre eles. Em trabalhos mais delicados, nos quais o homem supera a todos os outros animais, certas ferramentas são manipuladas através da ação dos dedos e do polegar. Em tais trabalhos, os músculos da eminência tenar têm primordial importância na movimentação do polegar.

A mão do homem difere, em relação à dos macacos antropóides, principalmente no maior desenvolvimento dos músculos da eminência tenar e na posição habitual do polegar, que se apresenta numa oposição quase completa, em relação aos demais dedos. Tem sido proposta a teoria de que todo músico hábil, instrumentista, prestidigitador ou um batedor de carteiras devem ter as mãos especialmente adaptadas à sua especialidade manual.¹ Esta hipótese precisa ainda ser investigada, mas não existe nenhum movimento da mão que um homem possa fazer e que um macaco não possa; a diferença está no fato de que o homem é mais capaz de realizar ações com fins premeditados. A habilidade humana se deve à elaboração pelo sistema nervoso central e não à especialização da mão que é, na realidade, uma estrutura relativamente primitiva.

3.11 As formas de preensão da mão humana

Toda a complexa organização anatômica e funcional da mão participa da preensão: portanto. Não há somente um tipo de preensão, mas vários, que se dividem em três grandes grupos que são as preensões propriamente ditas, as preensões com peso e as preensões-ações.

As preensões classificam-se em três grupos:

- As preensões digitais,
- As preensões palmares e
- As preensões centradas.

Todas elas têm um ponto em comum: elas não necessitam, ao contrário das outras preensões, da participação da gravidade.

3.11.1 As preensões digitais

A) As preensões digitais dividem-se também em dois subgrupos: as preensões **bidigitais** e as **pluridigitais**.

As **preensões bidigitais** constituem a clássica pinça polegar-dedos, em geral polegar-indicador. Elas, por sua vez, apresentam três tipos segundo a oposição:

1) A **preensão por oposição terminal** (Figuras. 3.6 (a) e 3.6 (b)), que é a mais fina e a mais precisa. Ela permite segurar um objeto de pequeno calibre (Fig. 3.6 (a)), ou de apanhar um objeto muito fino: um fósforo ou uma agulha (Fig. 3.6 (b)). O polegar e o indicador (ou dedo médio) opõem-se entre si pela extremidade da polpa e, para apanhar alguns objetos muito finos (segurar um cabelo), pela borda da unha. É necessário, então, uma polpa elástica e corretamente apoiada pela unha, cujo papel é primordial nesta forma de preensão. Por essa razão, pode-se também chamá-la de preensão pulpo-ungueal.

2) A **preensão por oposição subterminal** ou polpa a polpa (Fig. 3.6 (c)), que é a forma mais freqüente. Ela permite segurar objetos relativamente mais espessos: um lápis ou uma folha de papel.

3) A **preensão por oposição subtérmino-lateral** (Fig. 3.6 (d)), feita como quando se segura uma moeda. Essa forma de preensão pode substituir a oposição terminal ou subterminal, quando as duas últimas falanges do indicador tiverem sido amputadas: a preensão é menos fina, mas nem por isso menos firme. A face palmar da polpa do polegar apoia-se na face externa da primeira falange do indicador.

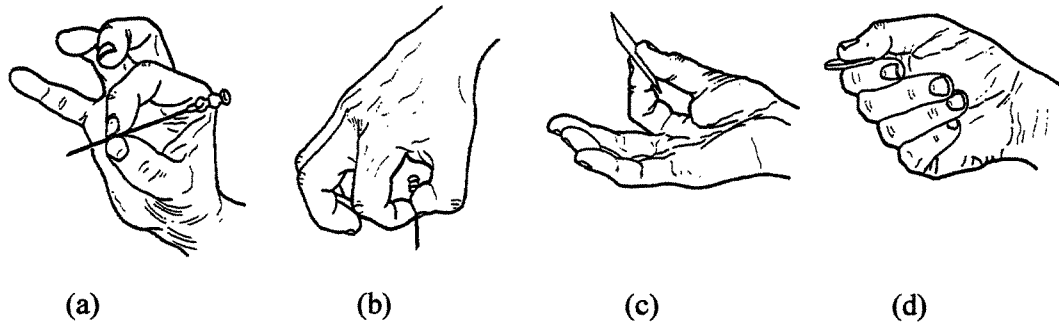


Figura 3.6 – formas de preensão da mão humana I

Entre as preensões bidigitais, há uma que não constitui uma pinça polícigital (polegar-dedo); é a **preensão interdigital látero-lateral** (Fig. 3.7 (a)) que é uma forma de preensão secundária (segurar um cigarro, por exemplo). É praticada, em geral, entre o indicador e o dedo médio; o polegar não intervém. O diâmetro do objeto segurado deve ser pequeno.

As **preensões pluridigitais** fazem intervir, além do polegar, dois, três ou quatro dedos. Elas permitem uma preensão muito mais firme que a **bidigital**, que é uma preensão de precisão.

As **preensões tridigitais** envolvem polegar, indicador e médio, e são as mais freqüentemente utilizadas. Uma parte importante senão preponderante, da humanidade, que não conhece o uso do garfo, utiliza-a para levar os alimentos à boca. Ela assemelha-se à preensão **tridigital** polpa a polpa (Fig. 3.7 (b)), tal como é empregada para segurar uma pequena bola, onde o polegar opõe sua polpa à do indicador e do médio em relação ao objeto. Escrever com um lápis, por exemplo, (Fig. 3.7 (c)), necessita uma pinça tridigital, polpa a polpa para o indicador e o polegar, lateral para a terceira falange do médio, que serve de suporte como o fundo da primeira comissura. Neste sentido, esta preensão é muito direcional e parece as preensões centradas e as preensões-ações, que veremos em seguida, já que a escrita é o resultado não somente dos movimentos do ombro e da mão, que desliza sobre a

mesa em sua borda ulnar e do dedo mínimo, mas também dos movimentos dos três primeiros dedos, que colocam em jogo o flexor longo próprio do polegar e o flexor superficial do indicador para o vaivém do lápis, e os músculos sesamóides externos e o segundo interósseo dorsal para sua manutenção.

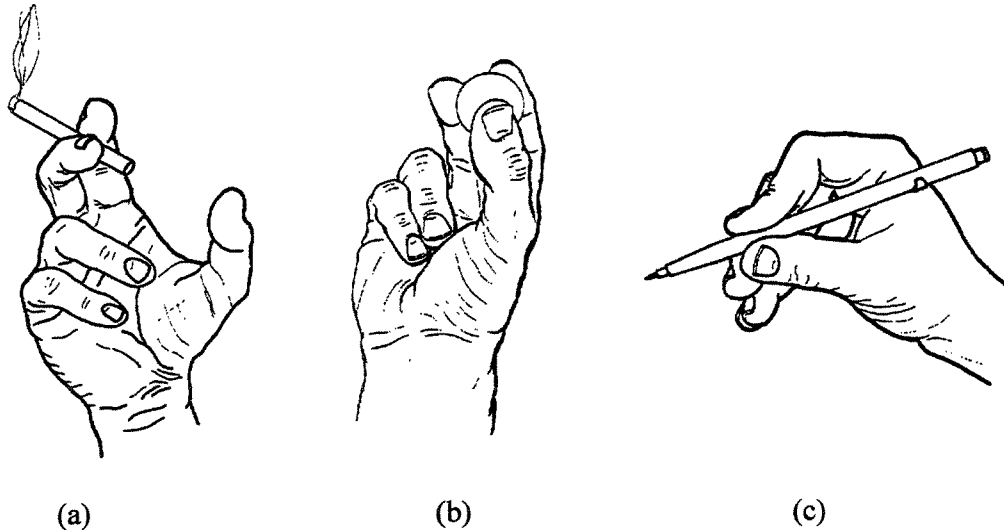


Figura 3.7 – Formas de preensão da mão humana II

2) As **preensões tetradigitais** são utilizadas quando o objeto é mais espesso e deve ser mais fortemente segurado. A preensão pode ser então:

Tetradigital pulpar (Fig. 3.8 (a)), quando segura um objeto esférico como bola de pingue-pongue. Observa-se, então, que o contato é com a polpa para o polegar, indicador e médio, enquanto é lateral na falange distal do anular, cujo papel é impedir que o objeto escape para dentro.

Tetradigital pulpolateral (Fig. 3.8 (b)), durante o desenroscar de uma tampa. De fato, o contato é grande com o polegar, envolvendo a polpa e a face palmar da primeira falange, e também com o indicador e o médio; é pulpar e lateral na segunda falange do anular, que bloqueia o objeto por dentro. "O envolvimento circular" da tampa pelos quatro dedos imprime um movimento em espiral aos segundo, terceiro e quarto dedos e pode-se demonstrar que a resultante das forças que eles exercem anula-se no centro da tampa, que se projeta na frente da articulação metacarpofalangiana do indicador.

Tetradigital pulpar policitridigital (Fig. 3.8 (c)), como quando se segura um giz, um pincel ou um lápis: a polpa do polegar aplica e mantém fortemente o objeto contra a polpa do indicador, do médio e do anular, em extensão quase completa. É também a forma com que um violinista e um violoncelista seguram seu arco.

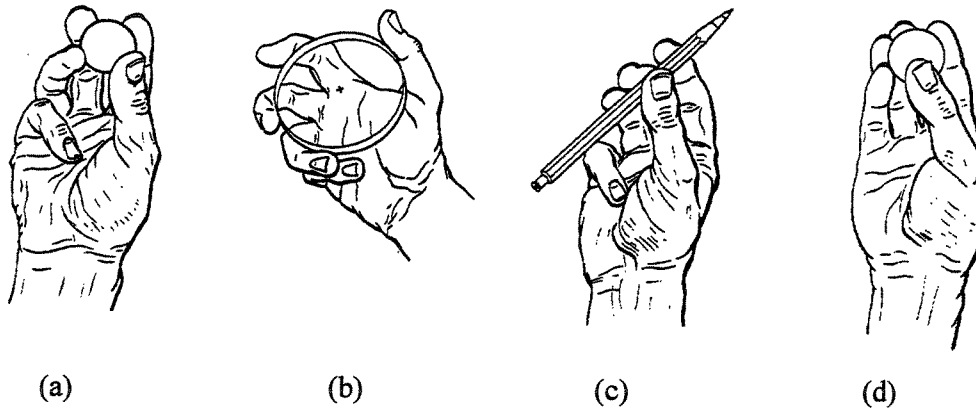


Figura 3.8- Formas de preensão da mão humana III

As **preensões penta-digitais** empregam todos os dedos, com o polegar se opondo de maneira variável aos outros. Geralmente, são utilizadas para segurar os objetos maiores. Entretanto, quando o objeto é pequeno, pode ser apanhado numa preensão pentadigital pulpar (Fig. 3.8 (d)), com somente o quinto dedo tendo um contato Isteral. Se o objeto é mais volumoso, como uma bola de tênis, por exemplo, a preensão torna-se pentadigital pulpo-lateral (Fig. 3.9 (a)): os quatro primeiros dedos tomam contato em toda a sua face palmar e envolvem quase totalmente o objeto, com o polegar se opondo aos três outros dedos e o mínimo impedindo, com sua face externa, o escape por dentro e proximalmente. Embora não seja uma preensão palmar, pois a bola situa-se mais nos dedos que na palma, essa preensão já é muito firme. Uma outra preensão pentadigital que poderia ser denominada pentadigital comissural (Fig. 3.9 (b)) agarra os objetos espessos hemi-esféricos, uma tigela, por exemplo, envolvendo-os na primeira comissura: polegar e indicador bem estendidos e afastados tomam contato com toda sua face palmar, o que exige grande flexibilidade e possibilidades normais de separação da primeira comissura. A tigela é também sustentada (Fig. 3.9 (c)) pelos dedos médio, anular e mínimo, que só tem contato em suas duas últimas falanges. Portanto, trata-se de uma preensão digital, não palmar.

A **preensão pentadigital panorâmica** (Fig. 3.9 (d)) permite segurar os objetos planos muito espessos, como um pires. Ela precisa de uma grande separação dos dedos, largamente divergentes, e o polegar, colocando-se em retroposição e em extensão extrema, encontra-se

em contra-oposição máxima. Ele se opõe diametralmente ao anular (flechas brancas), formando um arco de 180° , sobre o qual prendem-se o indicador e o médio. O dedo mínimo "agarra-se" ao outro semicírculo, de tal forma que o arco formado entre ele e o polegar seja de 215° ; estes dois dedos, em afastamento máximo, em oitava como diriam os pianistas, formam com o indicador uma preensão "triangular" quase regular, e, com os outros dedos, uma preensão "aranha", de onde o objeto não pode escapar. Notar que a eficácia desta preensão depende da integridade das articulações interfalângicas distais e da ação dos músculos flexores profundos.

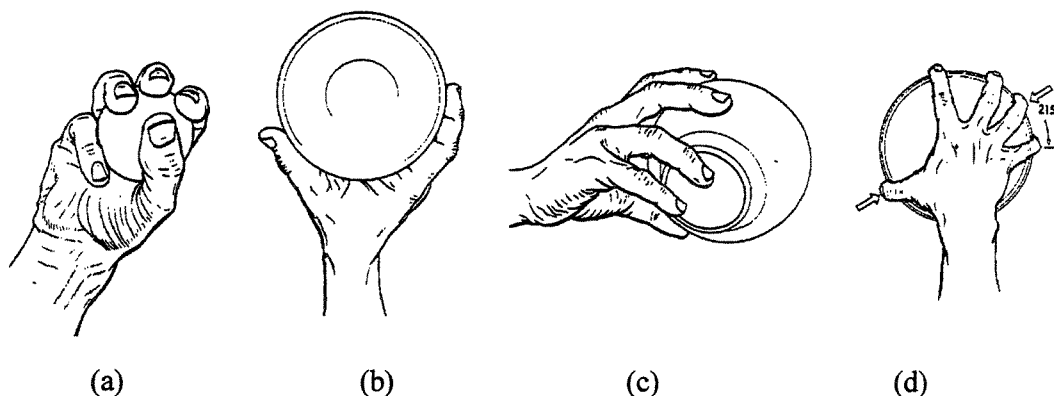


Figura 3.9 - Formas de preensão da mão humana IV

3.11.2 Preensões palmares

Nas **preensões palmares** intervêm, além dos dedos, a palma da mão. Elas são de dois tipos, conforme o polegar seja ou não utilizado:

A **preensão digitopalmar** (Fig. 3.10 (a)) opõe a palma aos quatro últimos dedos. É uma forma de preensão acessória, mas utilizada com muita frequência quando se manobra uma alavanca ou se segura um volante. O objeto de diâmetro muito pequeno (3 a 4 cm) é agarrado entre os dedos fletidos e a palma e o polegar não intervêm: a preensão só é firme, até um certo ponto, no sentido distal; em direção ao punho, o objeto pode escapar facilmente - a preensão não é "fechada". Além disso, observa-se que o eixo da preensão é perpendicular ao eixo da mão, e não segue a direção oblíqua da corredeira palmar. Esta preensão digitopalmar pode também servir para agarrar um objeto mais volumoso, como um copo (Fig. 3.10 (b)), mas quanto maior o diâmetro do objeto, mais firmeza falta na preensão.

A **preensão palmar "plena"** (Figura. 3.10 (c)) é a preensão de força para os objetos pesados e relativamente volumosos. Literalmente, a mão se enrola em torno de objetos cilíndricos.

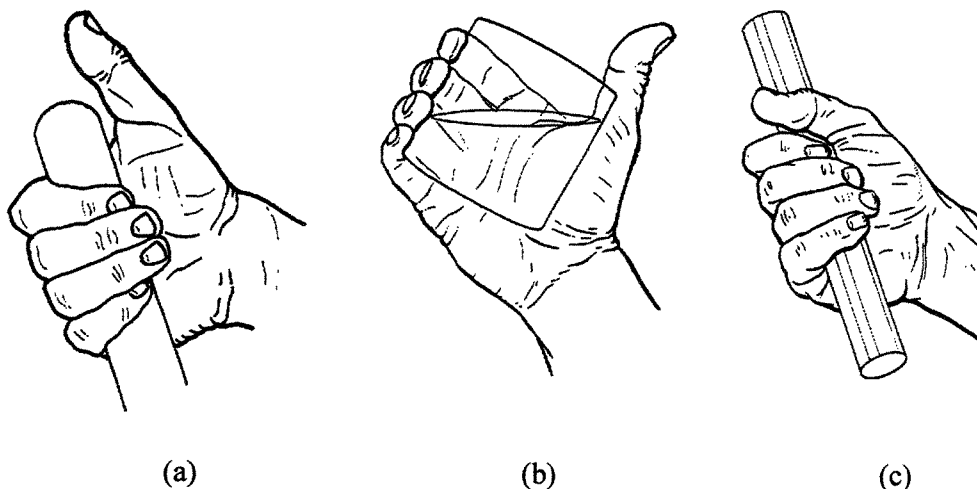


Figura 3.10- Formas de preensão da mão humana V

Quando a **preensão palmar cilíndrica** aplica-se aos objetos de diâmetro importante (Figuras 3.11 (a) e 3.11 (b)), a preensão é tanto menos firme quanto maior for o diâmetro.

As **preensões palmares esféricas** podem envolver três, quatro ou cinco dedos. Quando elas fazem intervir três (Fig. 3.11 (c)) ou quatro dedos (Fig. 3.11 (d)), o último dedo do lado de dentro, seja o médio na preensão esférica tridigital, ou o anular na preensão esférica tetradigital, toma contato lateral externo com o objeto, formando apoio interno, escorado pelos dedos restantes (mínimo sozinho ou associado ao anular). Este apoio se opõe à pressão do polegar e o objeto se encontra "preso" distalmente pela ou pelas "garras" dos dedos, que fazem um contato palmar com o objeto.

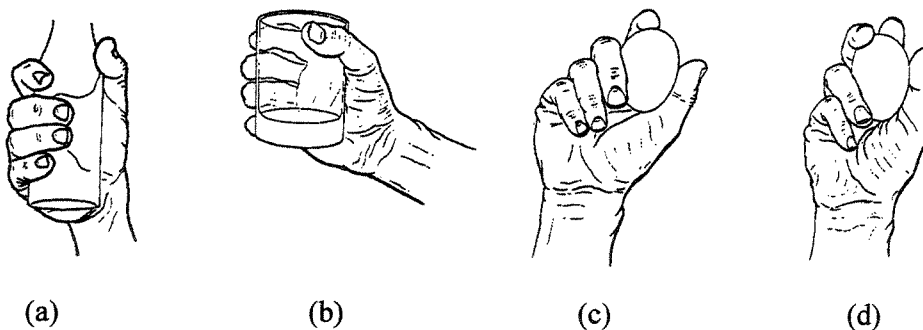


Figura 3.11- Formas de preensão da mão humana VI

Na **preensão palmaresférica pentadigital** (Fig. 3.12 (a)), todos os dedos fazem contato com o objeto por sua face palmar. O polegar opõe-se ao anular; eles ocupam juntos o maior diâmetro e o fechamento da preensão é assegurado distalmente pelo indicador e médio, e proximalmente pela eminência tenar e o dedo mínimo. O objeto, firmemente mantido por todos os dedos em garra, o que pressupõe, por sua vez, as possibilidades máximas de afastamento comissural e a eficiência dos flexores superficiais e profundos, toma contato com toda a palma.

3.11.3 Preensões centradas

As **preensões centradas** realizam, de fato, uma simetria em torno de um eixo longitudinal, que se confunde geralmente com o eixo do antebraço. Isto é evidenciado pela batuta do maestro (Fig. 3.12 (b)), que só faz o prolongamento da mão e representa uma extrapolação do indicador na sua função de indicar. Este mecanismo é indispensável na preensão da chave de fenda (Fig. 3.12 (c)), que se confunde, então, com o eixo de pronosupinação no ato de aparafusar ou de desaparafusar. Em todos os casos, o objeto de forma alongada é mantido firmemente por uma preensão palmar, fazendo intervir o polegar e os três últimos dedos, e com o indicador desempenhando um papel direcional essencial para orientar o utensílio.

Até agora nós vimos as formas de preensão onde a gravidade não intervém, mas existem outras para as quais a gravidade é indispensável, e que não podem ser utilizadas nos meios sem gravidade.

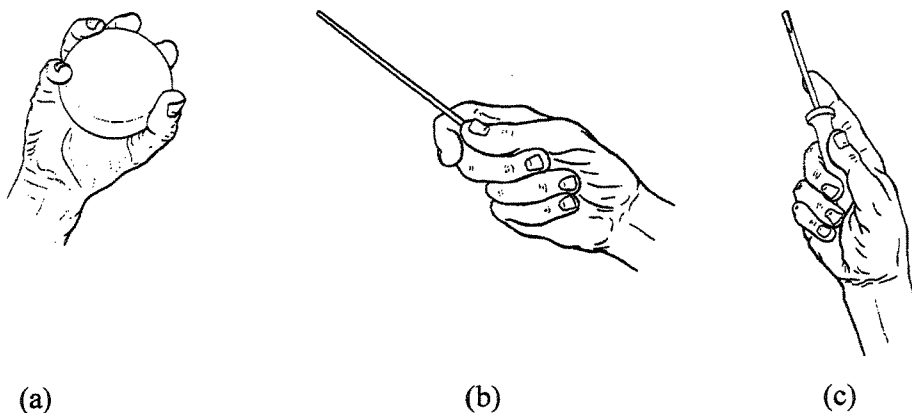


Figura 3.12- Formas de preensão da mão humana VII

Nas preensões auxiliadas pela gravidade, a mão serve de suporte, como quando ela sustenta uma bandeja (Fig. 3.13 (a)), o que pressupõe que ela possa se colocar de forma plana, com a palma horizontal voltada para cima (portanto, não com os dedos em garra), ou que ela possa constituir um tripé sob o objeto a sustentar.

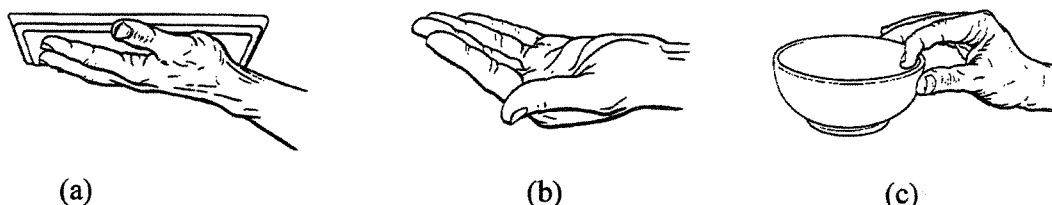


Figura 3.13- Formas de preensão da mão humana VIII

Graças à gravidade, a mão pode também se comportar como uma colher, como quando ela contém grãos (Fig. 3.13 (b)) ou um líquido. A concavidade da palma é, então, prolongada por aquela dos dedos, mantidos juntos por ação dos interósseos palmares, para evitar que o conteúdo da mão caia.

A preensão de uma tigela por três dedos (Fig. 3.13 (c)) utiliza a gravidade, pois sua circunferência é mantida entre dois apoios, formados pelo polegar e pelo dedo médio, e uma garra constituída pelo indicador.

3.11.4 As preensões-ações

A mão também é capaz de agir segurando. É o que chamaremos preensões mais ação ou mais simplesmente, **preensões-ações**.

Estas preensões-ações, onde a mão age sobre ela mesma, são inúmeras; pode-se tomar como exemplo:

A ação de acender um isqueiro (Fig. 3.14 (a)), que se assemelha muito à de jogar a bola de gude; o isqueiro é mantido na concavidade do indicador e dos outros dedos, enquanto o polegar em garra aciona o mecanismo (ação do flexor próprio e dos músculos tenares).

A ação de cortar com a tesoura (Fig. 3.14 (b)): os anéis da tesoura são colocados, de um lado, no polegar e do outro, nos dedos médio e anular. O polegar é essencialmente motor, tanto no fechamento da tesoura quanto na sua abertura. O afastamento dos anéis, quando é

repetido num gesto profissional, pode ocasionar a ruptura do extensor longo. O indicador orienta a tesoura, constituindo um exemplo de preensão mais ação direcional.

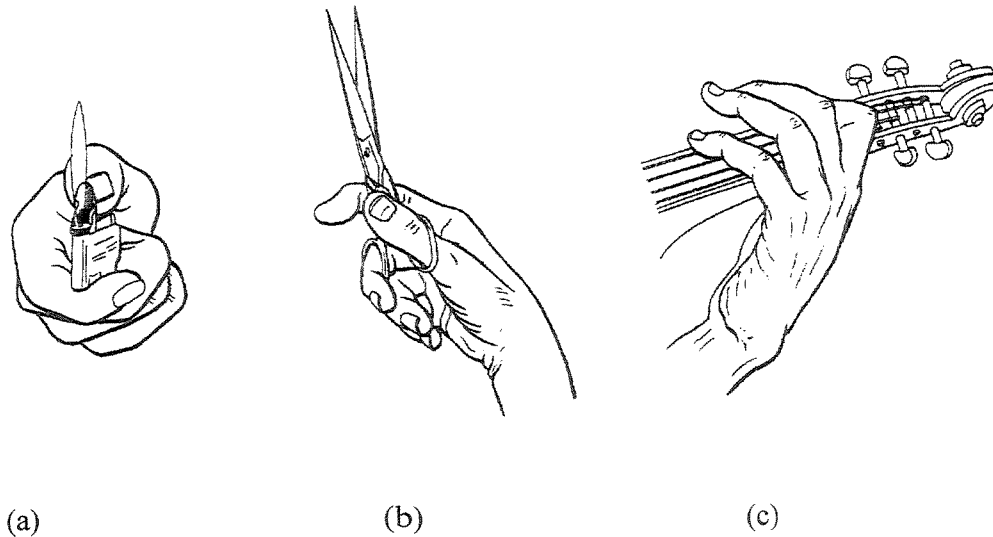


Figura 3.14 - Formas de preensão da mão humana IX

A mão esquerda do violinista (Fig. 3.14 (c)), ou a do violonista, realiza uma preensão mais ação móvel: o polegar sustenta a "haste" do violino e, deslocando-se, serve de contra-apoio à ação dos quatro outros dedos que, colocando-se sobre a corda deve ser precisa, firme e modulada para criar a vibração. Estas ações complexas nascem de um longo aprendizado e devem ser mantidas pelos exercícios cotidianos.

3.12. Estrutura articular dos membros inferiores

A Cintura Pélvica, apesar de apresentar algumas semelhanças com relação a cintura escapular, não apresenta a mesma mobilidade que esta última e, consequentemente, toda a série de movimentos e músculos da estrutura do membro superior não encontra equivalentes no membro inferior [KAPANDJI III, 1987].

3.12.1 Elementos constituintes da Cintura Pélvica

A pélvis forma a ligação entre os ossos das coxas, os fêmures, e a coluna vertebral. A pélvis compõe-se de duas metades simétricas, unidas na base da coluna. A imagem evidencia como as extremidades dos fêmures se encaixam em cavidades correspondentes na pélvis.

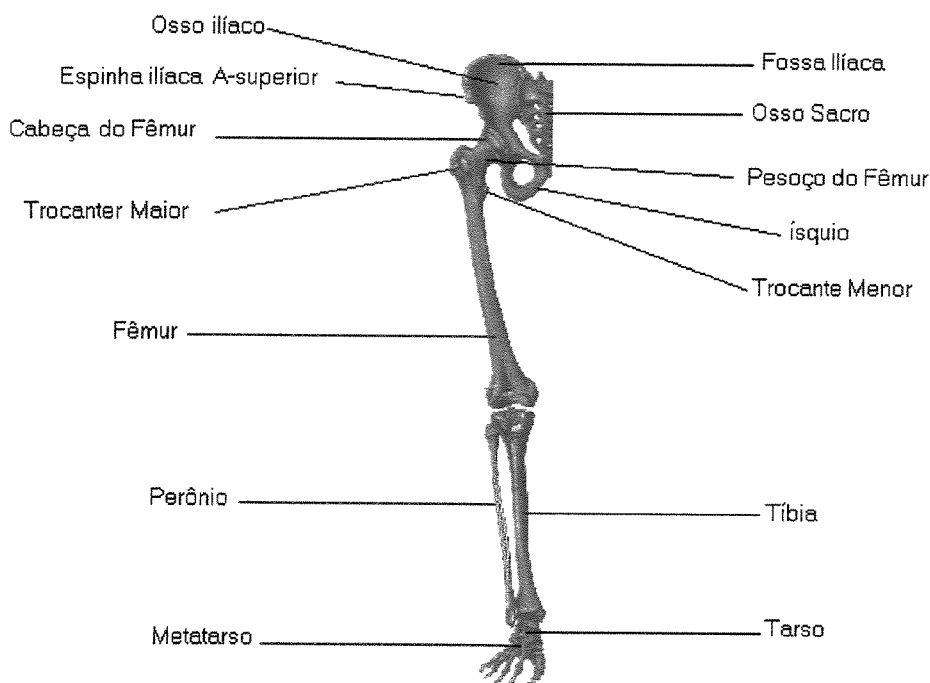


Figura 3.15 – Sistema articular do membro inferior (hemisfério direito).

Pélvis: Também conhecida como cintura pélvica ou quadril, consiste de dois grandes ossos (cada qual formado por três ossos menores, soldados entre si), que se unem, na parte frontal, na articulação pubiana. Na parte posterior, eles se articulam com o sacro, osso situado na base da coluna vertebral. Além disso, a pélvis compõe com cada fêmur (o osso da coxa) uma flexível articulação esférica. Ela apoia o peso do tronco superior e protege os órgãos

obrigados na chamada cavidade pélvica. Entre a junção dos dois maiores ossos do corpo, o fêmur e a tíbia, se situa o joelho.

Tíbia: Sendo o mais grosso dos dois ossos da perna, também é conhecida como canela. Depois do fêmur (osso da coxa), é o maior e mais forte dos ossos do esqueleto humano. Esta constituição é importante, porque a tíbia suporta o peso do corpo no joelho e transfere para o pé.

O pé: “Ferramenta Terminal” de um membro inferior, o pé é formado de 33 articulações e 26 ossos agrupados, formando uma meia cúpula. A base desta meia cúpula se estende desde o calcâneo, seguindo ao longo da borda lateral do pé até as extremidades distais dos cinco metatársicos. Na marcha, o peso é transmitido desde o astrálogo, a toda parte de sustentação periférica do pé. A figura 3.16 mostra a estrutura óssea constituinte do pé humano.

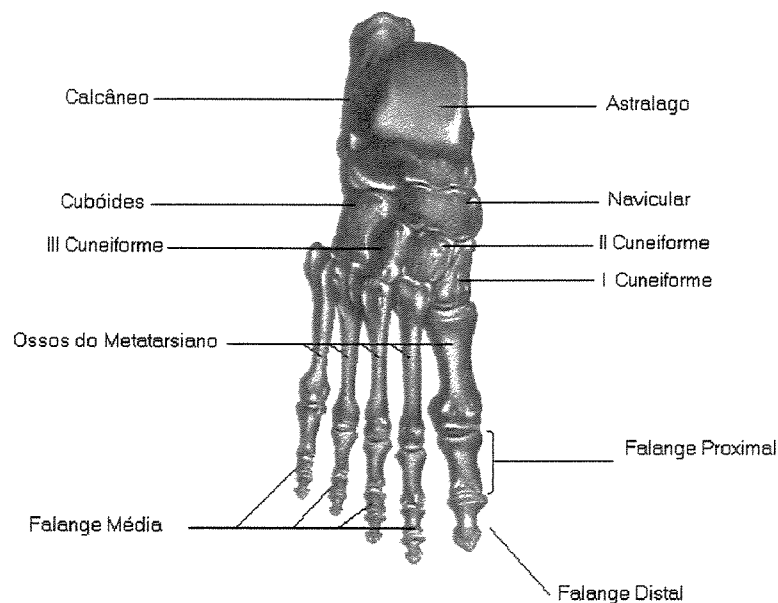


Figura 3.16 – Sistema articular do pé (hemisfério direito).

3.12.2 Movimentos Fundamentais da Pelve

A maioria dos movimentos da pelve tem a finalidade de alinhá-la a fim de proporcionar maior facilidade ou amplitude de movimento para o tronco, ou para as extremidades inferiores. Os movimentos da pelve são considerados, com maior propriedade, como

movimentos da coluna vertebral os quais ocorrem ao nível da articulação lombossacra. Podem ser, convencionalmente, classificados como se segue:

1. Rotação ou inclinação para frente.
2. Rotação ou inclinação para trás.
3. Inclinação lateral
4. Rotação

3.12.3 Movimentos da articulação do Quadril

A articulação do Quadril é formada pela articulação da cabeça do fêmur com o acetábulo. Trata-se de uma articulação tipo cabeça e cavidade, que tem menos liberdade de movimento que a articulação do ombro, pois a cavidade é mais profunda e os ossos se acoplam tão firmemente que é necessária muita força para separá-los. Temos como por movimentos fundamentais do quadril:

A **Flexão** que é o movimento do fêmur para frente. É importante observar que a articulação do quadril permite o movimento do fêmur, com maior liberdade para frente, tendo esse movimento uma amplitude de 150° ou mais.

A **Extensão** que é o reverso da flexão se trata do movimento do fêmur para baixo e para trás. Este movimento é livre até que o membro se encontre verticalmente em linha com o tronco, quando é, então, interrompido pela tensão do ligamento iliofemural e dos músculos psoas e ilíaco, tornando impossível qualquer hiperextensão da articulação do quadril.

A **Abdução** que é o movimento de um membro para longe do outro, no sentido lateral, geralmente, possível até 45° ou mais. A limitação neste caso se deve a resistência dos músculos que estão em oposição, pois a articulação, por si só, permite quase 90° de abdução, principalmente se os artelhos estiverem orientados para fora. A abdução pode, também, ter lugar através do movimento do tronco.

A **Adução** é o reverso da Abdução, limitada pelo contato entre o membro em movimento e o outro membro; pode ser mais ampla, quando o membro que se move está um pouco atrás, ou à frente, do outro membro, ou quando o tronco é inclinado para o lado.

A **Circundução** é o movimento de um membro inferior, de um modo circular, através da combinação dos quatro movimentos antecedentes.

A **Rotação** é o movimento obtido a partir do girando do membro sobre seu eixo central (linha que passa através das articulações do quadril e do joelho, por dentro do corpo do fêmur), podendo ser realizada num ângulo de 90°, aproximadamente podendo ser ainda classificada como interna ou externa, de acordo com a orientação dos artelhos.

3.12.4 Movimentos da articulação do Joelho

O joelho é a maior e mais complexa articulação do corpo humano, constituído por três articulações distintas:

- Entre os côndilos mediais do fêmur e da tibia,
- Entre os côndilos laterais do fêmur e da tibia,
- Entre a patela e o fêmur.

Temos como por movimentos fundamentais do joelho:

A **Flexão e Extensão** que são os movimentos fundamentais da articulação do joelho, porém, é importante observar que o Joelho não é uma simples articulação em dobradiça ou gínglimo devido a anatomia articular desta junção. A amplitude de movimento desta articulação é, geralmente, considerada como sendo de 10° até 135°, quando é detida pelo contato com os tecidos situados na face posterior da coxa e da perna e pelos ligamentos desta articulação.

A **Fixação Normal do Joelho** que é a hiperextensão ligeira desta articulação. Quando o corpo está em equilíbrio na posição ereta, a linha de gravidade cai, ligeiramente, na frente dos pontos de contato da articulação tibiofemoral. Portanto, os músculos extensores do quadríceps podem se relaxar porque os joelhos estão efetivamente “fixos” na hiperextensão, devido ao pequeno torque gravitacional.

A **Rotação** se trata de um movimento complexo, pois, quando o joelho está bloqueado em extensão, não se pode realizar a rotação, embora o pé ainda possa girar para dentro e para fora, através das rotações do tornozelo e do quadril. A medida que o joelho é flexionado, os ligamentos colaterais e a fâscia vão se afrouxando, permitindo a rotação **interna e externa**. Depois de aproximadamente 90° de flexão, é possível fazer-se uma rotação entre 60° a 90° de flexão. Com o joelho estendido, a estabilidade postural aumenta pela ausência de rotação, embora a articulação seja vulnerável a lesões provenientes de forças laterais.

3.12.5 Movimentos do pé

Articulação do Tornozelo (talocrural) – Uma articulação em dobradiça, formada pela articulação da Tíbia e da Fíbula com o Talus. Esta região, denominada de Tornozelo, permite uma amplitude de movimento voluntário de aproximadamente 60°, porém a amplitude pode ser aumentada quando se aplica o peso do corpo. A partir da posição ereta, os joelhos podem ser flexionados até que a tíbia se incline 25° a 30° para frente, com o pé apoiado sobre o solo. Se o movimento continuar, o calcanhar é elevado pelos ligamentos posteriores da articulação do Tornozelo. A parte anterior do pé pode ser deprimida até 45°, aproximadamente. O eixo da articulação do tornozelo é paralelo ao da articulação do joelho.

Articulações Intertársicas – Estas são articulações entre os sete ossos do Tarso. Estas articulações permitem movimentos de deslizamentos.

Articulações Tarsometársicas – Estas são as articulações entre os ossos do Tarso e as extremidades proximais dos cinco metatársicos. Sua estrutura permite movimentos de deslizamento.

Articulações Metatarsofalângicas - Estas são as Articulações entre as extremidades distais dos metatarsos e as falanges proximais. O movimento dessas articulações do tipo condilar são os mesmos que os das Articulações Metacarpofalangianas dos dedos. A flexão e a extensão e a ligeira abdução e adução constituem seu movimentos.

3.13 Músculos que atuam nos membros inferiores

3.13.1 Músculos que atuam na articulação do quadril

Os vinte e dois músculos que atuam na articulação do quadril podem ser classificados como se segue.

- **Três flexores** - *Psoas, Iliaco, Reto femoral*;
- **Um flexor-adutor** – *Pectíneo*;
- **Três extensores** - *Bíceps femoral (porção longa), Semimembranáceo, Semitendíneo*;
- **Um extensor rotator externo** - *Glúteo máximo*;
- **Um abductor** - *Glúteo médio*;
- **Quatro adutores** – *Grácil, Adutor longo, Adutor breve, Adutor magno*;
- **Dois rotatores internos** - *Tensor da fáscia lata, Glúteo mínimo*;
- **Seis rotatores externos** - *Piriforme, Obturador externo, Obturador interno, Gêmeo superior, Gêmeo inferior, Quadrado da coxa*;
- **Um flexor-abductor-rotator externo** - *Sartório*;

3.13.2 Músculos que atuam na articulação do joelho

O joelho não é uma unidade anatômica bem definida; constituído por fascículos musculares, estende-se do fêmur à cápsula articular do joelho. Os onze músculos que desempenham função nesta articulação são o *semitendíneo*, o *semimembranáceo*, o *bíceps femoral*, o *vasto lateral*, o *vasto intermediário*, o *vasto medial*, o *sartório*, o *grácil*, o *poplíteo*, o *gastrocnêmio*, o *plantar*.

3.13.3 Músculos extrínsecos do tornozelo e do pé tibial anterior

Os movimentos do pé são realizados devido a intervenção de doze músculos extrínsecos, que são o *tibial anterior*, o *extensor longo dos dedos*, o *fibular terceiro*, o *extensor longo do hálux*, o *gastrocnêmio*, o *plantar*, o *sóleo*, o *fibular longo*, o *flexor longo dos dedos*, o *flexor longo do hálux*, o *tibial posterior*, o *fibular curto*.

Além desses, existem dezenove músculos intrínsecos do pé que contribuem na sustentação dos arcos e que produzem os movimentos delicados dos artelhos se destacando por ordem de importância o *abductor do hálux*, o *flexor curto dos dedos*, o *quadrado plantar*, os *lumbricais*, o *flexor curto do hálux*, o *adutor do hálux*, o *flexor do dedo mínimo*, os *interósseos dorsais*, os *interósseos plantares* e o *extensor curto dos dedos*.

3.14 Comentários finais

Neste capítulo, foi feita uma abordagem das principais características anatômicas, fisiológicas e cinesiológicas dos membros superiores e inferiores do corpo humano, visando o conhecimento estrutural e funcional destas estruturas para que se possa efetuar a reprodução de suas funções a partir de membros artificiais, os quais em suas construções necessitam seguir a mesma filosofia quanto a estrutura, articulação, acionamento e ativação, análogos ao sistema natural.

Muitos motivos levaram a confecção deste capítulo tais como a necessidade do conhecimento das nomenclaturas usadas na área da biomecânica, como também do conhecimento do sistema articular para que seja possível a elaboração de um modelo cinemático, a necessidade do conhecimento da estrutura atuadora natural, para que seja possível a inserção de atuadores lineares análogos aos músculos em sistemas articulares artificiais e ainda, a necessidade do conhecimento da localização das inervações, para se captar o sinal elétrico de um dado grupo muscular visando o comando de uma prótese mioelétrica. Finalizando, é importante se observar que são fundamentais os estudos da anatomia e da fisiologia humana, para que seja possível a implementação do controle dos movimentos dos membros antropomórficos artificiais, a partir do modelamento cinemático direto e inverso da estrutura articular humana.

Capítulo 4

Modelagem Cinemática do Sistema Articular Humano

4.1 Introdução

O estudo das propriedades anatômicas e fisiológicas do sistema articular humano é fundamental na avaliação, programação, projeto e controle de manipuladores robóticos antropomórficos, próteses robóticas antropomórficas de membros superiores e inferiores, como também auxiliar no planejamento e controle do procedimento de reabilitação de plegias em geral, supervisionando e controlando a estimulação mioelétrica artificial dos músculos da região atrofiada.

A elaboração de sistemas articulares artificiais inteligentes deve ser feita por analogia comparativa com o complexo antropomórfico natural considerando aspectos relacionados com a estrutura, transmissão, acionamento e controle dos acionadores neuromusculares naturais ou artificiais, a partir de estimulação mioelétrica a qual é comandada por um algoritmo de geração de trajetórias baseadas no modelo físico matemático do sistema articular humano o qual releva aspectos cinemáticos e dinâmicos [ROSÁRIO. 1990].

Na prática, verificou-se que várias características observadas em sistemas biológicos introduzem um alto grau de complexidade, devido ao modelo dinâmico do complexo ser multi-variável, apresentando alto grau de não linearidade e redundância e um forte grau de acoplamento entre suas articulações, dificultando a determinação de parâmetros.

Atualmente, a tendência do desenvolvimento de próteses ativas tem induzido a convergência do problema para a área da automação e robótica, tendo em vista a possibilidade do aumento da capacidade de realizar operações que exigem flexibilidade, rapidez e precisão.

Uma prótese robótica antropomórfica pode ser definida como um sistema mecânico articulado que tem como maior objetivo a reabilitação das funções e operações pré-definidas dos membros amputados do usuário. Isto é realizado através de um supervisor de controle que comandará as tarefas a serem executadas pelo sistema manipulador.

Estas próteses são constituídas por elos que são conectados por juntas prismáticas ou revolutas. Cada par junta-link constitui um grau de liberdade. Assim, para um manipulador antropomórfico com N graus de liberdade, temos N pares juntas-links, onde o primeiro link é a base de sustentação da prótese (sistema de coordenadas inerciais fixado) e o seu último elo constituído de um elemento terminal (mão ou pé).

O posicionamento do elemento terminal e a determinação do volume de trabalho do sistema articular representados na figura 4.1 são especificados através do controle, de modo apropriado de suas coordenadas generalizadas angulares ou prismáticas, conforme o caso. Conseqüentemente os valores do conjunto de coordenadas generalizadas q_i de uma prótese, determinam o posicionamento de seu elemento terminal no sistema de coordenadas de trabalho (figura 4.2). As juntas e links de uma prótese robótica antropomórfica são numeradas desde a base até seu elemento terminal.

As aplicações destas próteses exigem que elas trabalhem de acordo com a posição e orientação do seu elemento terminal em relação ao sistema de coordenadas de trabalho. Como a proposta deste trabalho é que a prótese antropomórfica seja controlada através de suas variáveis articulares, a realização do controle da prótese em relação ao sistema de coordenadas cartesianas implicará no desenvolvimento de metodologias para transformação de coordenadas.

A transformação de coordenadas articulares para cartesianas é normalmente realizada em tempo real, onde a partir do conjunto de variáveis articulares serão obtidas a posição e orientação do elemento terminal do membro artificial.

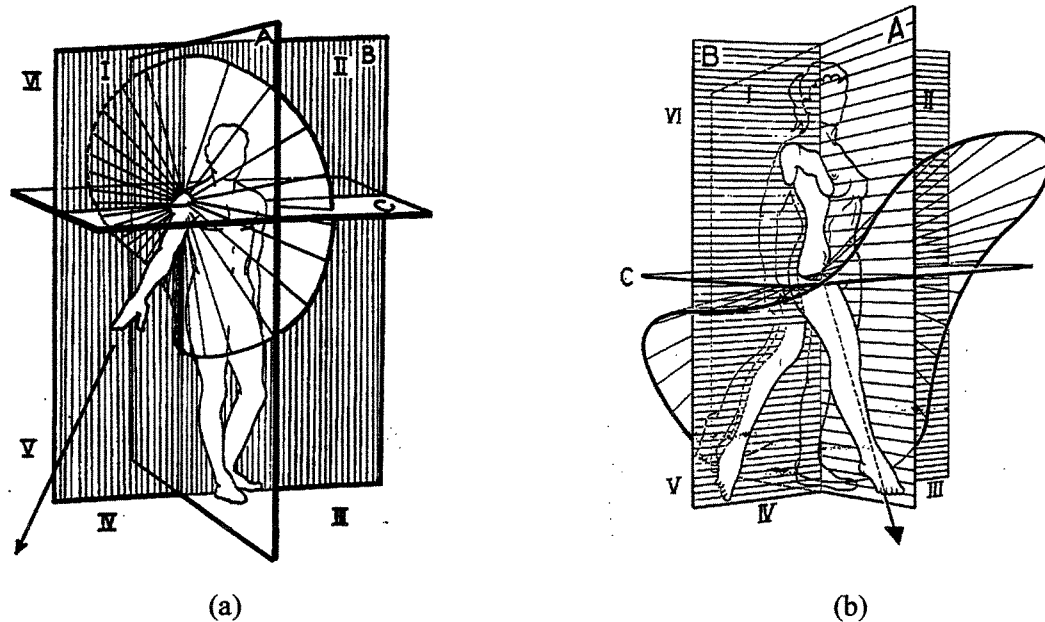


Figura 4.1 – Volume de trabalho dos membros superiores e inferiores do corpo humano:

- (a) Volume de trabalho da cintura escapular;
- (b) Volume de trabalho da cintura pélvica.

O Supervisor de Controle é responsável pela geração dos sinais de referência individuais ao longo do tempo para cada junta da prótese. Através de uma malha de controle de posição independente para cada junta, estes sinais são comparados com os valores atuais (obtidos através dos sensores de posição articulares), que faz com que a configuração da prótese seja controlada a partir de um valor desejado, independente do movimento consignado e da carga transportada por ela.

Entretanto, os valores das variáveis articulares utilizados como sinal de referência na malha de controle de posição das juntas, quando comparados com os valores das juntas, podem gerar erros, que aumentam com a velocidade de operação. Conseqüentemente, a implementação de um controlador de posição para próteses antropomórficas robóticas de membros superiores e

inferiores exige o conhecimento da precisão cinemática do movimento do manipulador baseado na biomecânica do sistema articular natural humano como também de sua dinâmica.

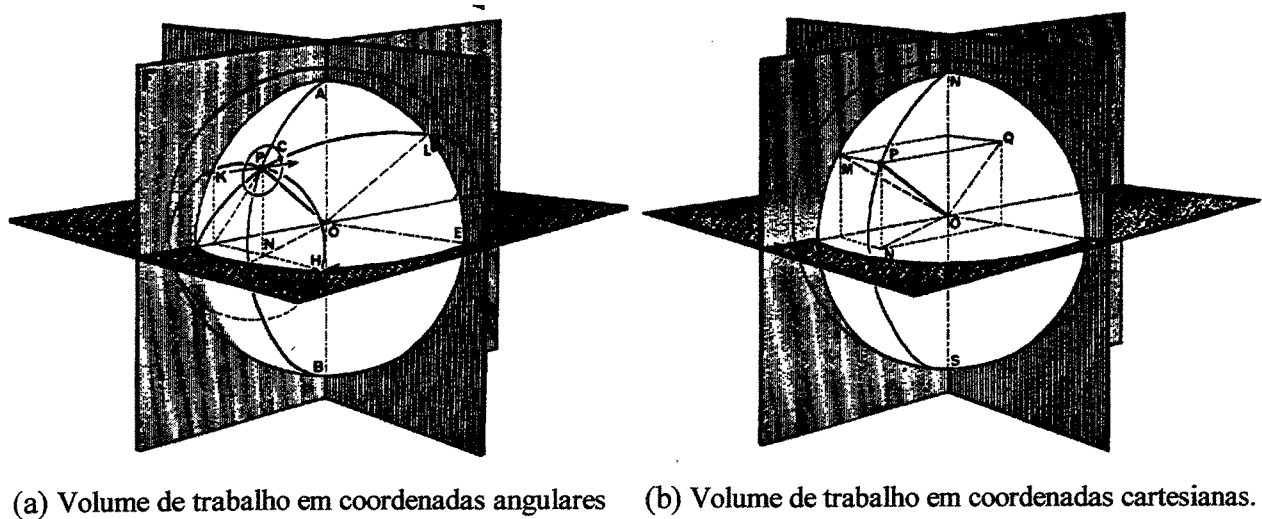


Figura 4.2 – Volume de trabalho da cintura escapular humana:

Ante o exposto, baseado em conceitos de robótica e em conceitos de Anatomia, Fisiologia Articular e Cinesiologia expostos no capítulo anterior, neste capítulo será descrito um modelo geométrico aproximado representativo do sistema articular das cinturas escapular e pélvica, detalhando para isso, antes de tudo, a metodologia utilizada para a modelagem.

O modelo cinemático desenvolvido expressa o movimento dos membros superiores e inferiores em termos de seus graus de liberdade, modelando a estrutura esquelética articular das regiões escapular e pélvica, visando a tarefa da implementação de controle das articulações de uma prótese como também a determinação do espaço de trabalho de um protótipo elaborado, a partir da determinação de seus parâmetros.

É importante salientar que o modelo geométrico criado não é uma réplica do sistema natural humano, porém representa o movimento espacial das principais articulações do sistema esquelético.

4.2 Conceitos de Modelagem Matemática de Manipuladores Antropomórficos

4.2.1 Sistemas de Referência

Um Sistema Articular pode ser representado matematicamente através de n corpos móveis C_i ($i = 1, 2, \dots, n$) e de um corpo C_0 fixo, interligados por n articulações, formando uma estrutura em cadeia, sendo que estas juntas podem ser rotacionais ou prismáticas.

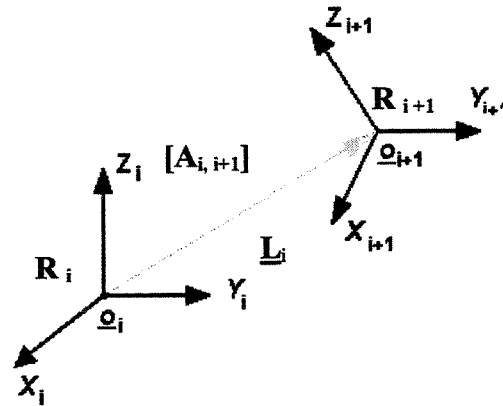


Figura 4.3 - Sistema de Referência utilizado.

Para representar a situação relativa dos vários corpos rígidos da cadeia, é fixado a cada elemento C_i um referencial R . Podemos relacionar um determinado referencial R_{i+1} com o seu anterior R_i , como também o sistema de coordenadas de origem da base (figura 4.3) através da equação (4.1), onde $A_{i,i+1}$ representa as matrizes de transformação homogêneas de rotação, dando as orientações locais e $\underline{L}_i$ o vetor de translação de uma origem a outra. Em outras palavras, a descrição cinemática completa da cadeia articulada pode ser obtida a partir do produto matricial entre as diversas matrizes de transformações homogêneas. Usando a matriz $A_{i,i+1}$, podemos relacionar um ponto $\underline{o}_i$ no link i , e expressá-lo em coordenadas homogêneas, em relação aos sistemas de coordenadas i para $i-1$, $\underline{o}_{i-1}$ estabelecido no link $i-1$ através da relação:

$$\underline{o}_{i+1} = \underline{o}_i + A_{i,i+1} * \underline{L}_i \quad (4.1)$$

onde

$$\underline{o}_{i+1} = (x_{i+1}, y_{i+1}, z_{i+1})^T \quad (4.2)$$

$$\underline{o}_i = (x_i, y_i, z_i)^T \quad (4.3)$$

$$A_{i,i+1} = \begin{bmatrix} Nx_{i+1} & Sx_{i+1} & Ax_{i+1} \\ Ny_{i+1} & Sy_{i+1} & Ay_{i+1} \\ Nz_{i+1} & Sz_{i+1} & Az_{i+1} \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Para uma prótese robótica antropomórfica tanto de um membro superior quanto de um membro inferior com $i + 1$ graus de liberdade, a transformação de coordenadas do referencial situado na base da prótese ao referencial situado no seu elemento terminal (mão ou pé conforme o caso) é descrita pela matriz de transformação homogênea:

$$T_{i,i+1} = A_{1,2} \cdot A_{2,3} \cdot \dots \cdot A_{i,i+1} \quad (4.5)$$

Qualquer rotação no espaço pode ser decomposta em um grupo de rotações elementares ao longo dos eixos X, Y e Z. Cada matriz de rotação elementar usada na equação de transformação (4.2) é associada com a rotação elementar do referencial correspondente em relação ao seu anterior.

Este procedimento matemático pode ser estendido para toda a extensão da cadeia serial. Assim sendo, a matriz de orientação de um ponto de interesse pode ser obtida pela equação (4.3).

Conseqüentemente o posicionamento completo de um corpo rígido no espaço, poderá ser facilmente obtido através da equação (4.1) que fornece o seu vetor posição, sendo que a equação (4.4) representa a matriz de orientação que também pode ser apresentada através dos Ângulos de Euler ou dos ângulos RPY (Roll, Pitch, Yaw) às três direções de rotação, associadas aos correspondentes eixos de coordenadas do sistema inercial considerado.

4.2.2 Transformação de coordenadas

Uma prótese robótica antropomórfica pode ser controlada e programada a partir do sistema de coordenadas associadas ao seu elemento terminal (mão ou pé). É muito mais natural expressarmos o deslocamento absoluto do elemento terminal da prótese, que considerarmos a variação de suas coordenadas articulares, embora a malha de controle de uma junta robótica é estabelecida a partir da comparação de grandezas articulares, tornando-se necessário à realização de uma transformação geométrica apropriada para o estabelecimento da correspondência entre as coordenadas generalizadas q_i e as coordenadas do elemento terminal X_i definidas através de uma posição e de uma orientação. A figura 4.4 apresenta um esquema descrevendo o problema de transformação direta de coordenadas para um sistema articular robótico com N graus de liberdade [ROSÁRIO. 1990].

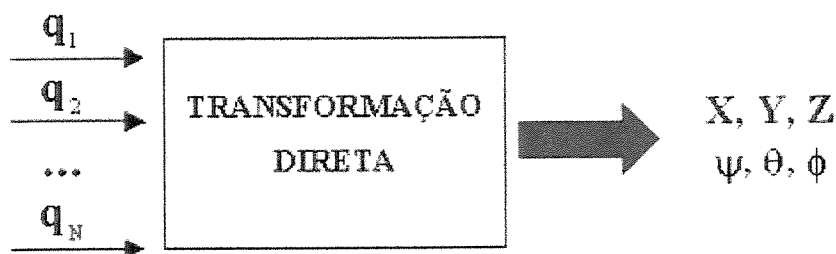


Figura 4.4 - Transformação direta de coordenadas.

A operação que realiza a correspondência entre esses dois espaços é chamada de transformação de coordenadas. A transposição direta de coordenadas apresenta uma solução única, o mesmo não acontecendo com o problema inverso, onde sistemas protéticos robóticos com múltiplos graus de liberdade podem conduzir a soluções redundantes.

4.2.3 Modelo Geométrico

O modelo geométrico direto de uma prótese antropomórfica expressa a posição e orientação de seu elemento terminal em relação a um sistema de coordenadas solidário a base da prótese (figura 4.5), em função de suas coordenadas generalizadas (coordenadas angulares no caso de juntas rotacionais) [SÁ & ROSÁRIO, 1996].

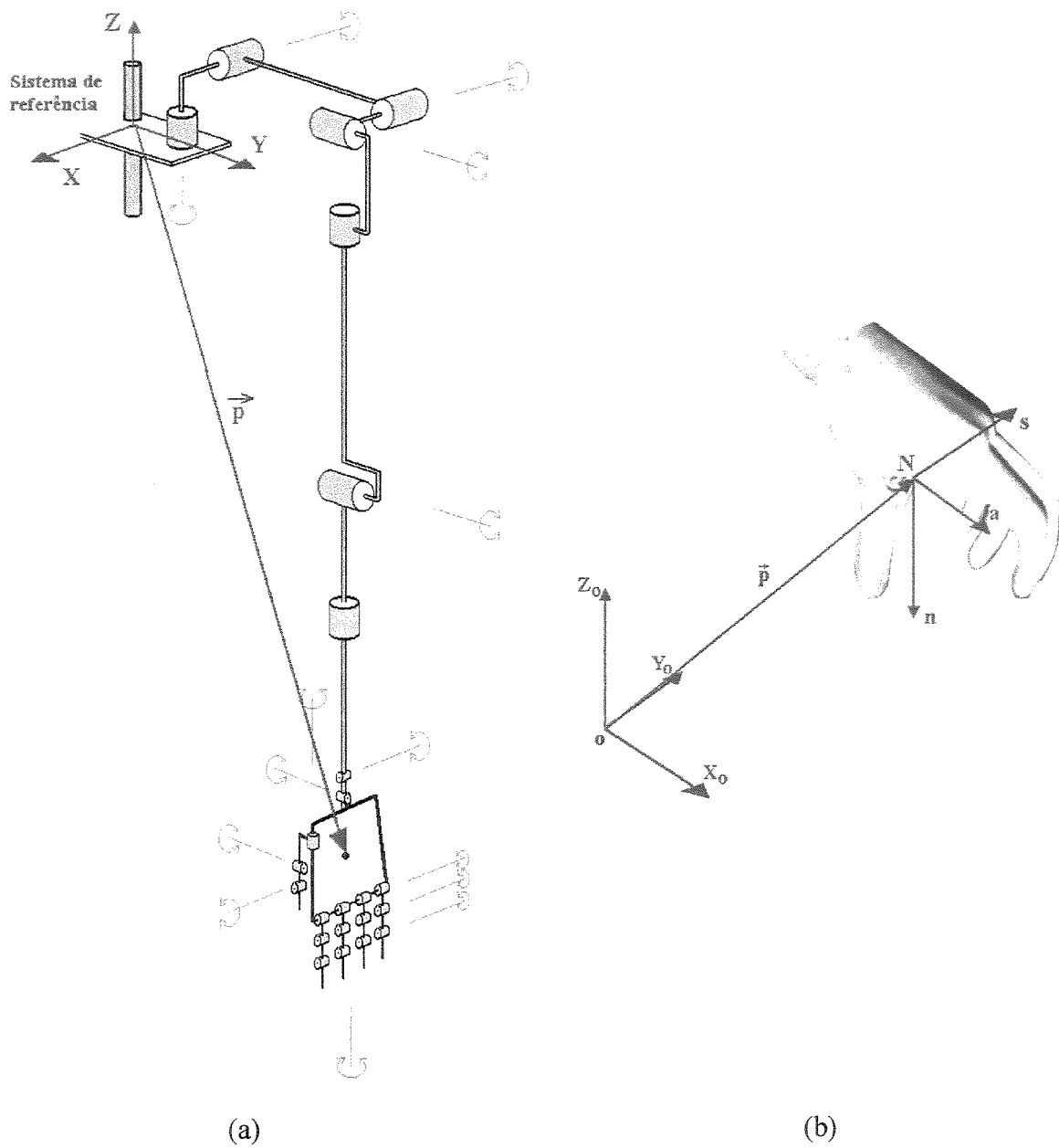


Figura 4.5 – Posição e orientação de uma prótese robótica com estrutura rígida de membro superior:

- (a) Representação de um sistema de Coordenadas (vetor posição);
- (b) Configuração do elemento terminal (matriz orientação).

O modelo geométrico é representado pela expressão:

$$\underline{X} = f(\underline{q}) \quad (4.6)$$

onde:

- $\underline{q} = [q_1, q_2, \dots, q_n]^T$: vetor das coordenadas generalizadas angulares ou prismáticas das juntas
- $\underline{X} = [X, Y, Z, \psi, \theta, \phi]^T$: vetor, onde os três primeiros termos denotam a posição cartesiana e os três últimos a orientação do elemento terminal.

A figura 4.5 ilustra as coordenadas cartesianas que expressam a posição do elemento terminal de uma prótese de membro superior (P_x, P_y, P_z) e sua orientação espacial especificada através das componentes dos versores de orientação $\underline{n}, \underline{s}$ e $\underline{a}$.

Para uma prótese de membro superior (figura 4.5), esta relação pode ser expressa matematicamente pela matriz que relaciona o sistema de coordenadas solidário a base da cintura escapular com o sistema de coordenadas associado à mão. Esta matriz é chamada de matriz de passagem homogênea e é obtida a partir do produto das matrizes de transformação, $A_{N-1,N}$ que relaciona o sistema de coordenadas de um elemento N com o sistema de coordenadas anterior. Para o elemento mostrado na figura

$$T_N = A_{0,1} \cdot A_{1,2} \cdot \dots \cdot A_{N-1,N} \quad (4.7)$$

$$T_N = [\underline{n} \ \underline{s} \ \underline{a} \ \underline{p}] \quad (4.8)$$

onde

- $\underline{n} = [n_x \ n_y \ n_z]^T$ é o vetor normal da mão e tem direção ortogonal aos vetores $\underline{o}$ e $\underline{a}$;
- $\underline{s} = [s_x \ s_y \ s_z]^T$ é o vetor de deslizamento e aponta na direção dos movimentos de abertura e fechamento dos dedos da mão;
- $\underline{a} = [a_x \ a_y \ a_z]^T$ é o vetor de aproximação e aponta na direção normal a palma da mão;

- $\mathbf{p} = [p_x, p_y, p_z]^T$ é o vetor posição e aponta da origem do sistema de coordenadas da base até a origem do sistema de coordenadas da mão.

A descrição da matriz de transformação é normalmente realizada utilizando-se a notação de Denavit-Hartenberg que é uma ferramenta utilizada para sistematizar a descrição cinemática de sistemas mecânicos articulados com N graus de liberdade, com um único grau de liberdade por articulação, após a obtenção dos quatro parâmetros θ_i , a_i , d_i e α_i [ROSÁRIO. 1990]. A metodologia completa de implementação desta técnica é descrita no Anexo II.

4.2.4 Cálculo da matriz de orientação da ferramenta terminal a partir dos três ângulos RPY

Até a presente seção foi visto que:

- É possível relacionar dois sistemas de referenciais, através de uma matriz de transformação homogênea.
- Para um manipulador de n graus de liberdade, aloca-se um sistema de coordenadas em cada junta e calcula-se a matriz de transformação homogênea que relaciona o último sistema de referencia com a base.
- No efetuador é alocado um sistema de referência (o último da cadeia cinemática), tal que possa relaciona-lo com a base, através de uma matriz de transformação homogênea.

A união destes três itens permite resumir o problema cinemático de qualquer robô em termos simples. Quando se trabalha com um sistema manipulador, para o operador, o que interessa é a posição e a orientação corretas do efetuador no espaço de trabalho. Acontece que a posição e a orientação do efetuador se referem ao sistema de coordenadas alocado na base do robô, em outras palavras, definir os referenciais $\underline{n}$, $\underline{s}$, $\underline{a}$ e $\underline{p} \equiv X_n, Y_n, Z_n$.

Existem duas formas de representar a orientação do elemento terminal. Uma usa o conceito dos ângulos de Euler e a outra usa o conceito dos ângulos RPY (roll, pitch e yaw). Neste trabalho, para efetuar o cálculo da orientação do efetuador foi aplicado o conceito dos ângulos RPY.

Estes três ângulos são referentes aos três graus de liberdade possíveis, associados ao movimento do punho. São respectivamente, os ângulos de rotação do punho ao redor dos eixos X, Y, Z da conexão da ferramenta terminal do punho na seguinte ordem.

$$RPY(\phi, \theta, \psi) = ROT(\phi, z) \cdot ROT(\theta, y) \cdot ROT(\psi, x) \quad (4.9)$$

Obtendo-se a matriz correspondente a essa transformação de coordenadas (equação 4.10).

$$RPY(\phi, \theta, \psi) = \begin{bmatrix} c\phi.c\theta & c\phi.s\theta.s\psi - s\phi.c\psi & c\phi.s\theta.c\psi + s\phi.s\psi \\ s\phi.c\theta & s\phi.s\theta.s\psi + c\phi.c\psi & s\phi.s\theta.c\psi - c\phi.s\psi \\ -s\theta & c\theta.s\psi & c\theta.c\psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_x & s_x & a_x \\ n_y & s_y & a_y \\ n_z & s_z & a_z \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

4.2.5 Cálculo dos três ângulos RPY a partir da matriz de orientação

Como verificado anteriormente, o modelo cinemático direto fornece o vetor posição e a matriz orientação da ferramenta efetora expressa em relação ao sistema de coordenadas da base.

É possível também, efetuar-se operação inversa, ou seja, a partir da matriz de orientação final obter-se os três ângulos RPY, comparando-se o segundo e o terceiro membro da equação (4.10), obtendo-se as expressões:

$$\begin{aligned} \psi &= ATAN2 \left[\frac{a_x}{-a_y} \right] \\ \theta &= ATAN2 \left[\frac{s\psi \cdot a_x - c\psi \cdot a_y}{a_z} \right] \\ \phi &= ATAN2 \left[\frac{-c\psi \cdot a_x - s\psi \cdot s_y}{c\psi \cdot n_x + s\psi \cdot n_y} \right] \end{aligned} \quad (4.11)$$

É importante observar que esta relação deve ser sempre biunívoca.

Para que seja possível o cálculo desses valores, é necessário definirmos a função ATAN2, que tem por finalidade garantir a unicidade de solução. ATAN2 (x, y) calcula $\tan^{-1} (y/x)$, mas usa tanto o sinal de x como o sinal de y para determinar o quadrante no qual o ângulo resultante está, ou seja:

$$\theta = \text{ATAN2} \left[\frac{y}{x} \right] \begin{cases} 0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ & , \text{ com } +x, +y \\ 90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ & , \text{ com } -x, +y \\ -180^\circ \leq \theta \leq -90^\circ & , \text{ com } -x, -y \\ -90^\circ \leq \theta \leq 0^\circ & , \text{ com } +x, -y \end{cases} \quad (4.12)$$

4.3 O Modelo Geométrico do Sistema Articular Humano

O modelo gerado a seguir descrito descreve a estrutura articular dos membros superiores e inferiores do corpo humano, sendo, portanto feita a descrição do modelo setorialmente.

Na modelagem a coluna vertebral é considerada rígida, uma vez que o objetivo maior do modelo é descrever a operação dos braços e pernas relevando a ação de suas ferramentas terminais, como a apreensão da mão e a absorção do relevo do solo na caminhada, pela planta pé e o algoritmo da caminhada e da corrida.

A parte do modelo relativo a cintura escapular se estende da junta interna da clavícula até os dedos da mão e a parte que considera a cintura pélvica vai do osso do fêmur até os dedos do pé. O sistema inteiro é interligado por articulações, em uma estrutura de cadeia, totalizando cinquenta e nove articulações rotacionais para cada hemisfério, oitenta e dois sistemas de coordenadas atachados em pontos importantes da estrutura articular.

Nas figuras 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 são mostradas a estrutura cinemática do Sistema Articular correspondente a Cintura Escapular e a Cintura Pélvica. No modelo proposto neste trabalho são

definidas, após a descrição do modelo geométrico, as respectivas variáveis segundo a metodologia descrita anteriormente.

4.3.1 Setor da Cintura Escapular

O mecanismo do braço humano, particularmente as juntas da região da cintura escapular, é uma das regiões articulares mais complexas do corpo humano que permite a estrutura, a realização de tarefas de alto grau de sofisticação. Para uma correta análise cinesiológica e fisiológica articular, os membros superiores são analisados setorialmente. Nesta seção são analisados os principais movimentos destes sistemas manipuladores, sendo que as informações referentes às nomenclaturas utilizadas estão apresentadas no Anexo II.

O movimento do ombro pode ser considerado como uma combinação do movimento das juntas de ambos os lados da clavícula, ou seja, a flexão-extensão do ombro é composta da extensão clavicular e da flexão-extensão umeral e, a abdução-adução do ombro é composta da abdução-adução clavicular e a abdução-adução umeral.

O setor do ombro foi modelado de modo a ter três convoluções para a junta clavicular, sendo que três juntas são usadas para a articulação acromioclavicular e três juntas para a articulação glenoumeral. Uma junta revoluta é usada para a flexão-extensão do cotovelo e uma junta para a pronação e a supinação efetuados entre o rádio e a ulna.

As trajetórias de flexão-extensão e de abdução-adução do ombro não correspondem a simples rotações sobre eixos fixos no espaço, porém, são movimentos complexos, compostos de um conjunto de rotações das várias juntas envolvidas no movimento. A flexão-extensão do ombro pode ser descrita como composta da rotação em torno de um eixo horizontal fixo e um eixo horizontal translacionado e a abdução-adução composta da rotação em um eixo horizontal fixo e uma translação vertical. As translações mencionadas podem ser aproximadas por rotações através de pequenos ângulos no plano selecionado. Assim, a translação horizontal mencionada foi substituída no modelo pela rotação no plano horizontal e a translação vertical com a rotação no plano frontal.

A flexão é similar a extensão em uma direção reversa, permitindo assim que o mesmo modelo possa ser utilizado para ambos os movimentos. As trajetórias resultantes do centro de rotação instantâneo relacionado ao “epicondylus lateralis” são similares em ambos os casos.

Na estrutura cinemática simplificada do modelo em estudo, são incluídas duas juntas correspondentes ao movimento do ombro sendo que a primeira foi nomeada de junta interna, desempenhando a função da junta sternoclavicular do braço humano e a segunda de junta externa, substituindo outras juntas no complexo ombro-braço, como por exemplo, a junta glenoumeral e a junta acromioclavicular.

A parte do modelo relacionado a cintura escapular (figuras 4.6 e 4.7) contém vinte e quatro links rígidos. Sendo que, o link do ombro representa a clavícula e a escápula, o link superior do braço representa o úmero e a parte anterior do braço representa o rádio e a ulna.

Quanto a mão, ferramenta terminal, ela foi modelada de forma que a palma é considerada rígida e os dedos indicador, médio, anelar e mínimo perfazem flexão e extensão e o polegar perfaz circundação completa.

Assumi-se que a estrutura de coordenadas de referência é fixada com sua origem no centro da junta interna do ombro.(figura 4.6 (b)). O eixo de posição X na direção medial, Y na direção anterior e Z na direção craniana.

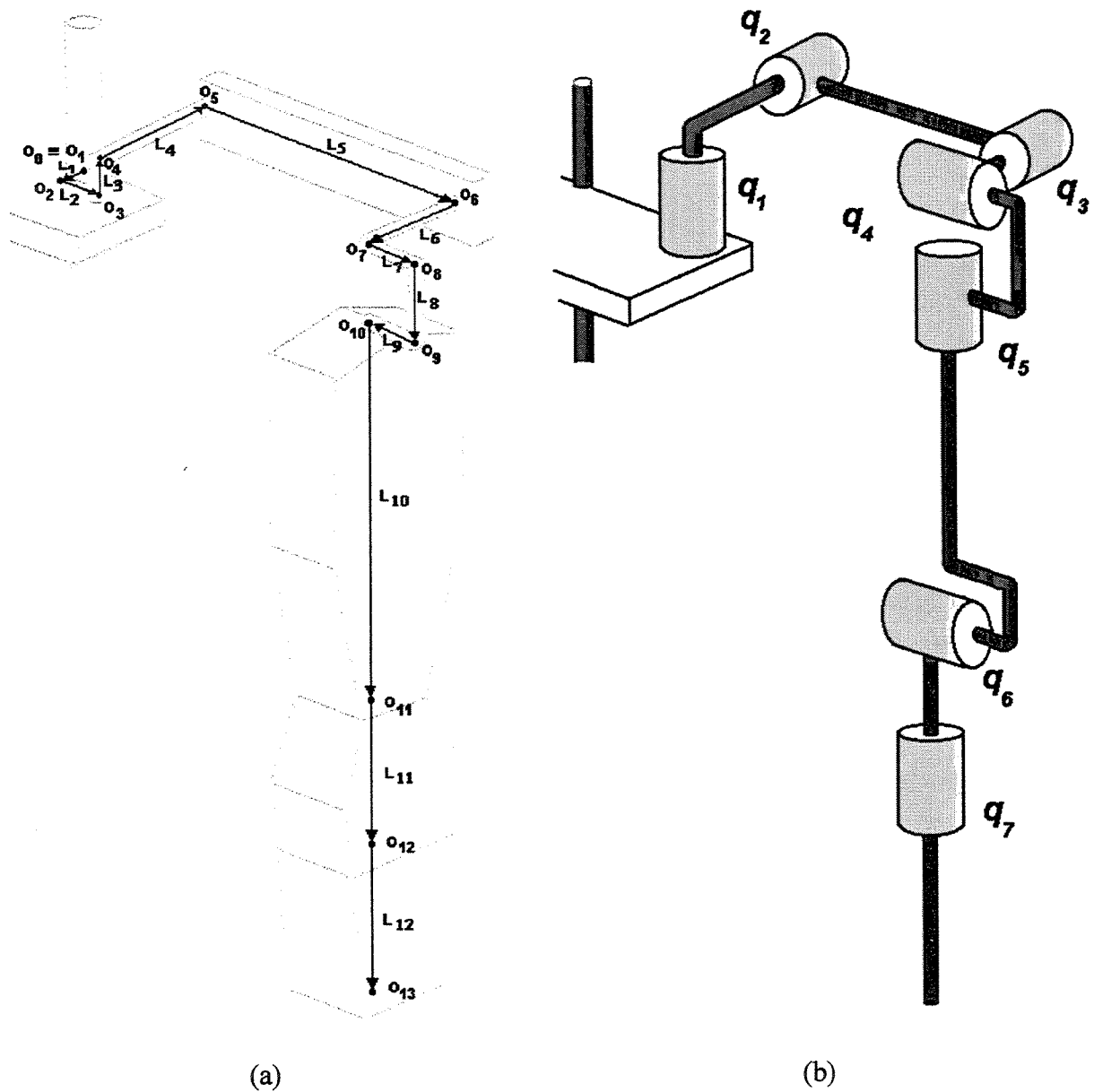


Figura 4.6 - Estrutura cinemáticas do sistema articular do membro superior humano.

- (a) Sistema de referenciais locais o_i e respectivos vetores de translação L_i ;
- (b) Esquema representativo das articulações q_i .

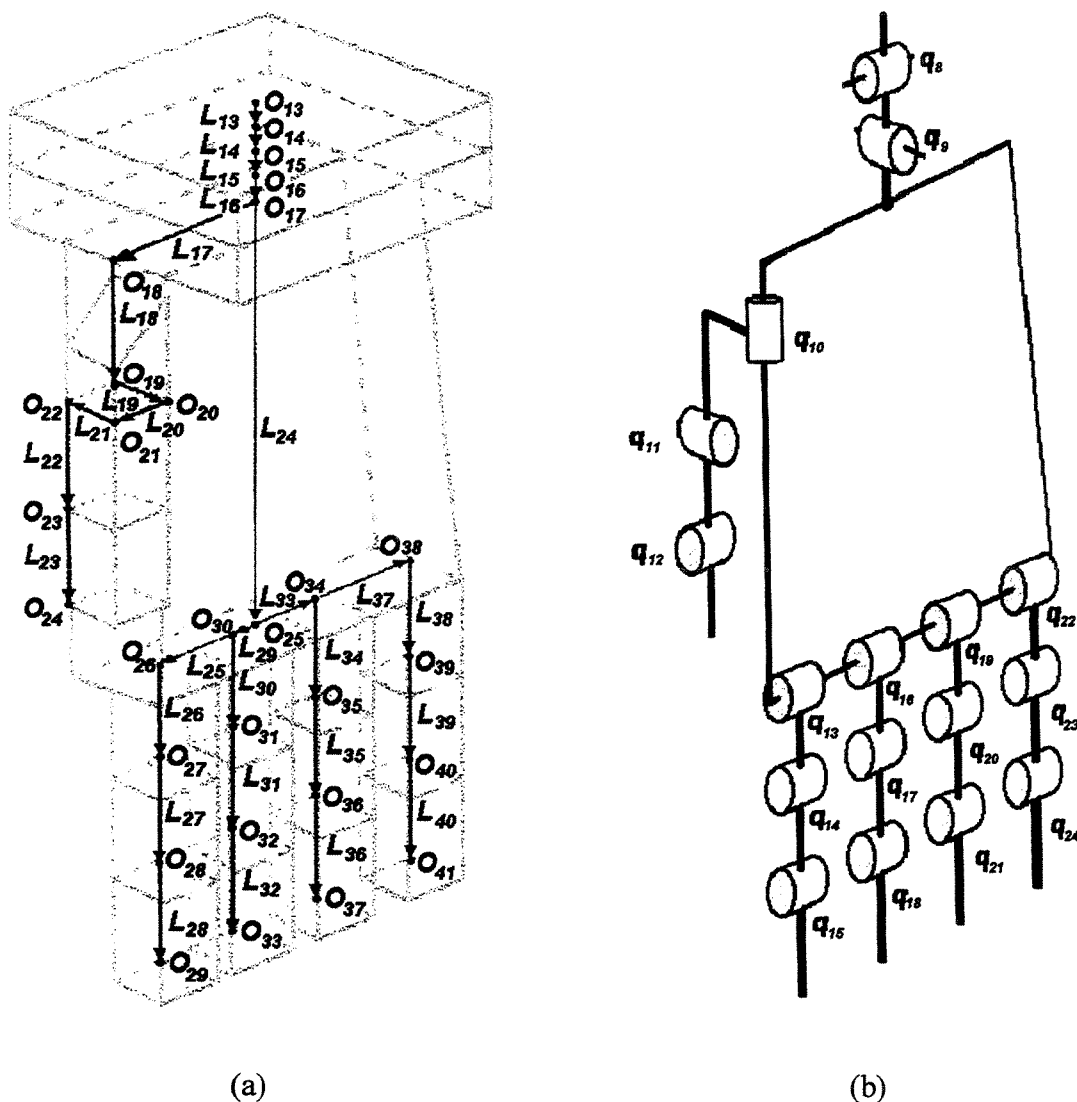


Figura 4.7 - Estrutura cinemática do sistema articular do membro superior humano – mão.

- (a) Sistema de referenciais locais O_i e respectivos vetores de translação L_i ;
- (b) Esquema representativo das articulações q_i .

É importante salientar que no sistema natural as propriedades geométricas da acessibilidade do espaço de trabalho são diferentes quando é alterada a ordem da rotação das juntas do sistema.

Este fato não é importante quando nos referimos a rotação da junta interna do ombro devido ao ângulo desta rotação ser pequeno. Porém, a amplitude do movimento na junta externa do ombro é muito grande, e o arranjo dos graus de liberdade nesta junta é crítico.

Após estudar muitas combinações numericamente, foi verificado que a combinação mais aceitável foi yxz. Nesta combinação, a abdução-adução aparece primeiramente, sendo seguida pela flexão-extensão, e então a rotação. Por outro lado, a ordem das rotações na junta interna do ombro foi escolhida arbitrariamente seguindo um critério para alcançar como descrição matemática analítica mais simples o possível.

Todo o modelo matemático, obtido a partir do esquema mostrado na figura 4.6, sugere a seqüência de rotações que se seguem (começando da origem do sistema de coordenadas de referência):

1. Flexão-extensão da junta interna do ombro
2. Abdução-adução da junta interna do ombro
3. Abdução-adução da junta externa do ombro
4. Flexão-extensão da junta externa do ombro
5. Rotação da junta externa do ombro
6. Rotação do cotovelo
7. Flexão-extensão do cotovelo.

É importante observar que outras combinações de rotações de juntas, impondo-se limites aos movimentos, podem também prover soluções de posicionamento desejadas para o ponto de referência o_{13} no pulso (figura 4.7 (a)).

No Anexo II, são descritos os parâmetros do setor do modelo geométrico relacionado a cintura escapular, os quais foram usados na implementação de um programa computacional que calcula o deslocamento cartesiano a partir da entrada das coordenadas angulares para cada junta. Entre esses parâmetros são especificados os vetores de translação L_i (tabela AII. 1), as matrizes de transformação homogênea de rotação A_i (tabela AII. 3), as equações de relação geométrica espacial entre os pontos importantes (tabela AII. 5) e os limites de deslocamento angular para cada junta rotacional (tabelas AII. 7e AII. 9).

4.3.2 Setor da Cintura Pélvica

O Setor do modelo relacionado a Cintura Pélvica, apesar de apresentar algumas semelhanças com relação a cintura escapular, não apresenta a mesma mobilidade que esta última e, conseqüentemente, toda a série de movimentos da estrutura do membro superior não encontra equivalentes no membro inferior [SILVA & TENREIRO, 2000].

O modelo simplificado gerado para a cintura pélvica, mostrado nas figuras 4.8 e 4.9, é constituído por sete links rígidos que representam sucessivamente a Pélvis, o fêmur, o conjunto tibia e fíbula, e o pé com seus 22 segmentos constituintes, totalizando no modelo 29 links. A origem do sistema de coordenadas de referência é posicionado na junção da coluna vertebral com o osso do fêmur.

Os movimentos da pelve são conseqüentes dos movimentos da coluna vertebral os quais ocorrem na articulação lombossacra. No modelo gerado foram considerados os movimentos de Rotação ou inclinação para frente, Rotação ou inclinação para trás, Inclinação lateral e Rotação.

Quanto aos movimentos da articulação do quadril, foram considerados no modelo a flexão, a extensão, a abdução, a adução, a circundação e a rotação.

Devido a complexidade da articulação do joelho, foram considerados os movimentos fundamentais da flexão e extensão, sendo desconsiderados a fixação normal do joelho e a rotação.

No pé foram considerados todos os movimentos da articulação do tornozelo, das articulações intertársicas, das articulações tarsometársicas e das articulações metatarsofalângicas. Neste setor foram considerados basicamente os movimentos de flexão-extensão, desconsiderando-se os movimentos de adução e abdução devido a estes terem uma extensão muito pequena.

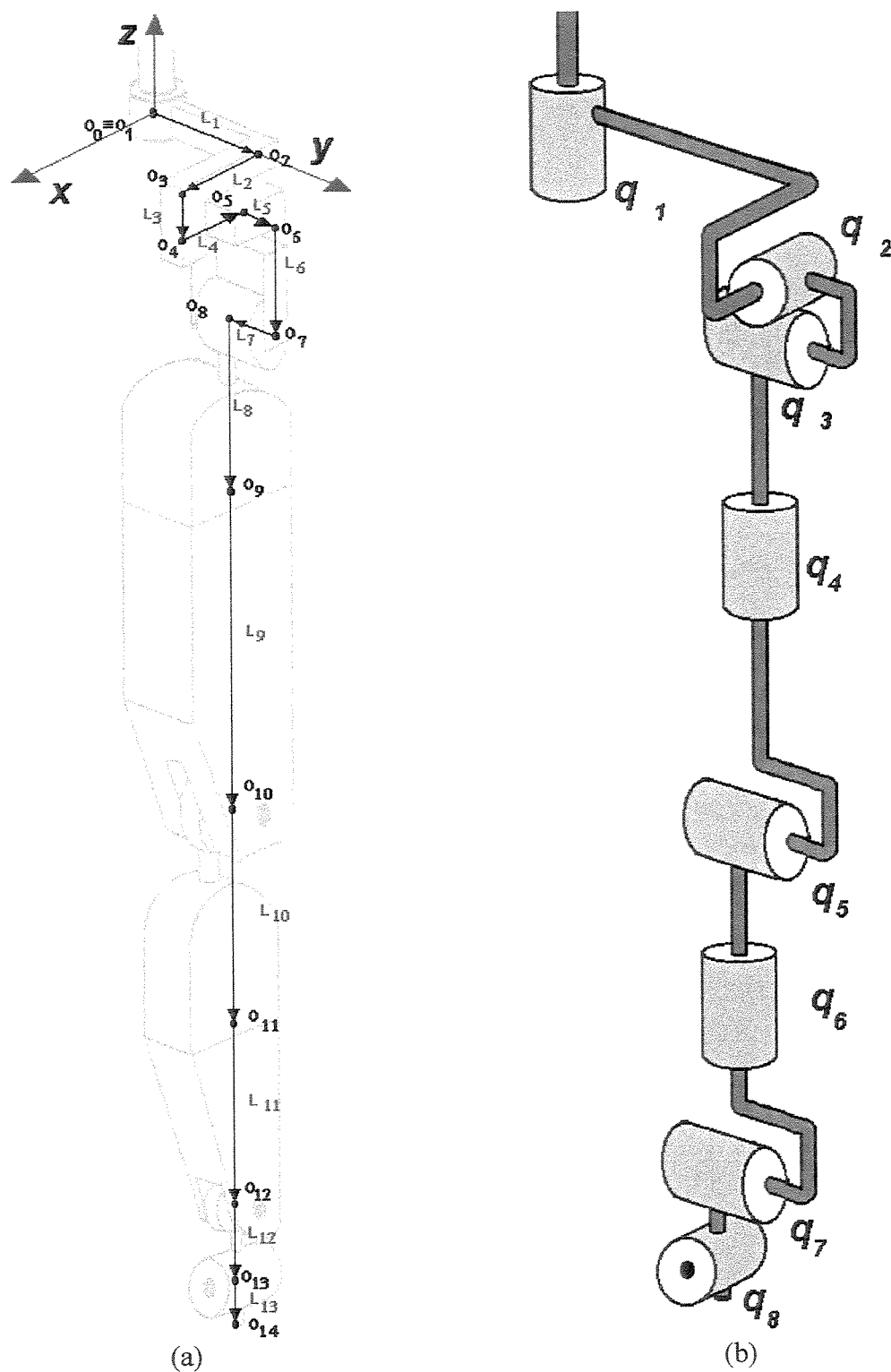


Figura 4.8 - Estrutura cinemática do sistema articular do membro inferior humano.

- (a) Sistema de referenciais locais o_i e respectivos vetores de translação L_i ;
- (b) Esquema representativo das articulações q_i .

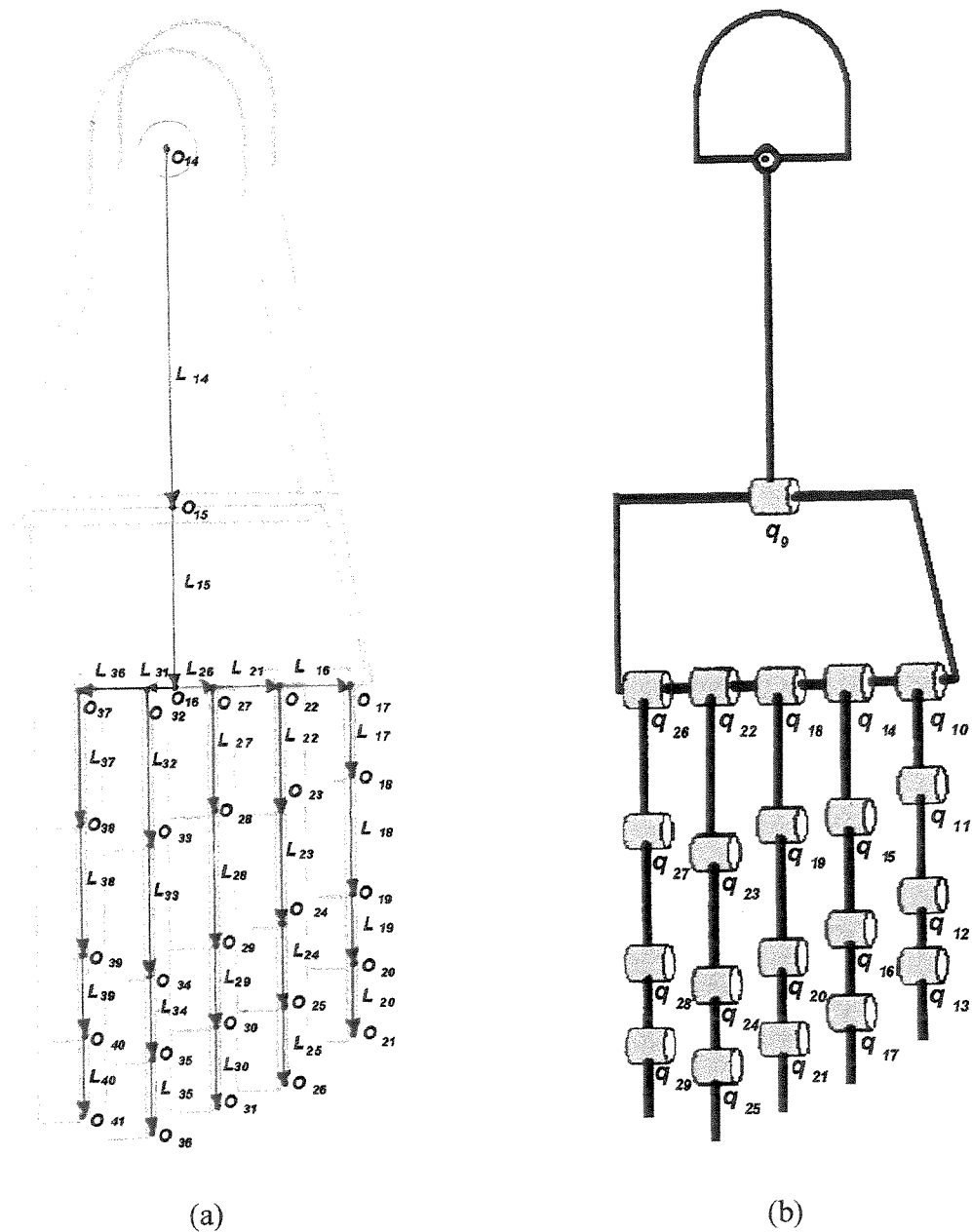


Figura 4.9 - Estrutura Cinemática do sistema articular do membro inferior humano - pé.

- (a) Sistema de referenciais locais O_i e respectivos vetores de translação L_i ;
- (b) Esquema representativo das articulações q_i .

No Anexo II, são descritos os parâmetros do setor do modelo geométrico relacionado a cintura pélvica, os quais foram usados na implementação de um programa computacional que calcula o deslocamento cartesiano a partir da entrada das coordenadas angulares para cada junta. Entre esses parâmetros são especificados os vetores de translação L_i , as matrizes de transformação homogênea de rotação A_i , as equações de relação geométrica espacial entre os pontos importantes e os limites de deslocamento angular para cada junta rotacional.

4.4 Descrição cinemática de uma prótese antropomórfica

4.4.1 Obtenção da Matriz de Transformação Homogênea $A_{i+1,i}$

Uma vez os sistemas de coordenadas Denavit-Hartenberg tenham sido estabelecidos, uma matriz de transformação homogênea pode facilmente ser desenvolvida relacionando o i -ésimo ao $(i-1)$ -ésimo frame de coordenadas. Um ponto r_i expresso no i -ésimo sistema de coordenadas pode ser expresso no $(i-1)$ -ésimo sistema de coordenadas como r_{i-1} aplicando as transformações sucessivamente apresentadas a seguir:

- 1. Rotação no eixo Z_{i-1} de um ângulo de θ_i para alinhar o eixo X_{i-1} com o eixo X_i (o eixo X_{i-1} é paralelo ao eixo X_i e aponta para a mesma direção).*
- 2. Translação uma distância de d_i ao longo do eixo Z_{i-1} para trazer os eixos X_{i-1} e X_i na coincidência.*
- 3. Translação ao longo do eixo X_i uma distância de a_i para trazer as duas origens também como o eixo X na coincidência.*
- 4. Rotação do eixo X_i um ângulo de α_i para trazer os dois sistemas de coordenadas na coincidência.*

Cada uma destas quatro operações pode ser expressa através de uma matriz homogênea de rotação-translação, e o produto destas quatro matrizes de transformações elementares produzem uma matriz de transformação homogênea composta $A_{i-1,i}$, conhecida como matriz de transformação de Denavit -Hartenberg, para sistemas de coordenadas adjacentes, i e $i-1$.

Segundo Paul, [PAUL, 1981], as matrizes de transformação homogênea para juntas rotacionais e para juntas prismáticas são dadas respectivamente por:

$$A_{i-1,i} = T_{z,d} T_{z,\theta} T_{x,\alpha} T_{x,a} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \sin\alpha_i \sin\theta_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

para o caso de uma junta rotacional, sendo que a transformação inversa é dada por:

$$[A_{i-1,i}]^{-1} = A_{i,i-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & \sin\theta_i & 0 & -a_i \\ -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & \sin\alpha_i & -d_i \sin\alpha_i \\ \sin\alpha_i \sin\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & \cos\alpha_i & -d_i \cos\alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

onde a_i , α_i , d_i são constantes, e θ_i é a variável de junta para uma junta rotativa.

Para uma junta prismática a variável de junta é d_i , enquanto a_i , α_i , θ_i são constantes. Neste caso, $A_{i-1,i}$ será definido como:

$$A_{i-1,i} = T_{z,\theta} T_{z,d} T_{x,\alpha} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \sin\alpha_i \sin\theta_i & 0 \\ \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & 0 \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

e sua inversa será:

$$[A_{i-1,i}]^{-1} = A_{i,i-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & \sin\theta_i & 0 & 0 \\ -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & \sin\alpha_i & -d_i \sin\alpha_i \\ \sin\alpha_i \sin\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & \cos\alpha_i & -d_i \cos\alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.16)$$

4.5 Problema Cinemático Inverso

A necessidade da obtenção de referências em coordenadas angulares, correspondentes a tarefas definidas no espaço cartesiano é expressa matematicamente pela inversão do modelo geométrico [SÁ & ROSÁRIO, 1996], isto é:

$$\mathbf{q} = \mathbf{f}^{-1}(\mathbf{x}) \quad (4.17)$$

A função f é não linear e composta de soma de produtos de senos e cossenos das coordenadas generalizadas (translações ou rotações elementares). Por isso, a sua inversão é em geral não trivial. Como f é não linear não se pode garantir a existência e/ou a unicidade de uma função inversa f^{-1} . No caso geral, só se pode determinar o número máximo de prováveis soluções.

Os métodos de solução do problema da inversão do modelo geométrico são:

- *Métodos analíticos*: Estes métodos conduzem à obtenção de todas as soluções. Estes métodos não são gerais, isto é, a inversão analítica não é trivial e, além disso, não há garantia de que seja possível fazê-la para um robô qualquer. Os métodos analíticos são adequados para próteses simples, isto é, aquelas que possuem um grande número de parâmetros de Denavit-Hartenberg nulos.
- *Métodos numéricos iterativos*: Estes métodos convergem para uma solução possível entre todas as existentes, são de caráter geral e, com o atual desenvolvimento dos microcomputadores, a utilização destes métodos em tempo real é viável.

Existem diversos métodos numéricos iterativos, entre eles os métodos recursivos, figura 4.4, que utilizam os modelos geométricos diretos e as matrizes Jacobianas inversas, descritos com maiores detalhes nas secções posteriores deste trabalho.

4.6 Descrição Matemática de uma Prótese Robótica Antropomórfica com N GL

A transformação de coordenadas de uma prótese antropomórfica com n graus de liberdade revolutos pode ser formulada de forma que, a partir de uma configuração inicial da prótese, na qual as suas variáveis articulares $\underline{p}_0$ são conhecidas, a posição completa de seu elemento terminal (mão ou pé) $\underline{X}_0$ será conhecida a partir do modelo do sistema [SÁ, 1996].

A mudança de coordenadas consistirá de um funcional que descreverá a correspondência existente entre a cadeia cinemática para um conjunto de variáveis articulares $\underline{p}$ e sua posição $\underline{X}$ correspondente.

$$\underline{X} - \underline{X}_0 = F(\underline{q} - \underline{q}_0) \quad (4.18)$$

onde

- $\underline{q}_{[n \times 1]} \Rightarrow$ Vetor que representa os graus de liberdade da junta antropomórfica, onde n representa o número de graus de liberdade da prótese.
- $\underline{X}_{[m \times 1]} \Rightarrow$ Vetor ($m \leq 6$) que representa a posição e a orientação do elemento terminal da prótese no espaço de trabalho em coordenadas cartesianas. No caso de uma representação completa de posição e orientação $m = 6$
- $F \Rightarrow$ É uma função não linear obtida da modelagem geométrica da prótese que descreve a posição e a orientação do elemento terminal da mesma.

No caso da transformação inversa de coordenadas, uma determinada posição $\underline{X}$ do volume de trabalho da prótese será atingida pelo robô a partir de uma posição de repouso $\underline{X}_0$ (obtenção dos ângulos Roll, Pitch, Yaw a partir da matriz de orientação espacial). Esta equação não apresentará uma solução única, e a mesma poderá ser utilizada para o controle cinemático de mecanismos.

$$(\underline{q} - \underline{q}_0) = F^{-1}(\underline{X} - \underline{X}_0) \quad (4.19)$$

A transformação direta de coordenadas não apresenta dificuldades na sua resolução, o mesmo não acontecendo com a transformação inversa que é muito complexa, não apresentando uma solução única. Para eliminarmos as indeterminações que aparecem no problema inverso, utiliza-se geralmente a matriz jacobiana, onde a mesma poderá ser utilizada para o controle cinemático de mecanismos.

4.7 Matriz Jacobiana

Dada uma configuração inicial q_0 e X_0 de um robô, as coordenadas X do elemento terminal são descritas pela equação (4.19). Para pequenos deslocamentos δX associados aos deslocamentos das variáveis articulares δq podemos escrever:

$$\delta \underline{X}_{m \times 1} = J_{m \times n} \delta \underline{q}_{n \times 1} \quad (4.20)$$

A matriz Jacobiana $J(\theta)$ será definida como:

$$[J(\theta)_{i,j}] = [\partial F_i / \partial q_j] \quad (4.21)$$

onde:

- i é a i -ésima coordenada generalizada da junta antropomórfica e
- j é o j -ésimo grau de liberdade da junta antropomórfica.

que poderá ser construída a partir das relações cinemáticas que descrevem a arquitetura da prótese:

$$\begin{aligned} X_1 &= F_1(q_1, q_2 \dots q_n) \\ X_2 &= F_2(q_1, q_2 \dots q_n) \\ &\dots \dots \dots \\ X_m &= F_n(q_1, q_2 \dots q_n) \end{aligned} \quad (4.22)$$

Através de derivadas parciais, a matriz Jacobiana $J(q)$ é definida como:

$$J(\underline{q}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial q_1} & \frac{\partial F_1}{\partial q_2} & \dots & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial q_n} \\ \frac{\partial F_2}{\partial q_1} & \frac{\partial F_2}{\partial q_2} & \dots & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial q_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F_m}{\partial q_1} & \frac{\partial F_m}{\partial q_2} & \dots & \dots & \frac{\partial F_m}{\partial q_n} \end{bmatrix} \quad (4.23)$$

Para uma prótese robótica de um membro superior ou inferior, as coordenadas de seu elemento terminal serão descritas através de um vetor posição $\underline{X}$ (x, y, z) e sua orientação definida a partir de três ângulos (ψ , θ , ϕ).

4.7.1 Inversão da Matriz Jacobiana – Controle de Posição de uma prótese

Levando-se em consideração que o sistema de decisão humana normalmente executa o controle de articulações em relação ao espaço de tarefas, o controle de uma prótese antropomórfica no espaço de juntas necessita de uma transformação inversa de coordenadas (F^{-1}). Esta transformação poderá ser realizada a partir da inversão da matriz Jacobiana:

$$\delta \underline{q}_{n \times 1} = J^{\#}(\underline{q})_{m \times n} \delta \underline{X}_{m \times 1} \quad (4.24)$$

onde $J^{\#}(\underline{q})$ representa a pseudoinversa da matriz Jacobiana, que deve atender as propriedades definidas na secção 4.8, apresentada a seguir desta atual, para que possa existir.

Matematicamente, a relação 4.24 indica a variação do incremento $\delta \underline{q}$ das variáveis articulares para um dado deslocamento $\delta \underline{X}$ do elemento terminal da prótese. Como a posição atual de cada articulação $q_{i \text{ atual}}$ é perfeitamente conhecida (através do sistema sensorial humano), a partir da utilização da equação (4.24) de modo iterativo e recalculando $J(q)$ a cada passo de iteração, uma trajetória $\underline{X}(t)$ poderá ser realizada num determinado tempo, em função da variação dos ângulos das juntas $q_{i \text{ atual}} + \delta q_i$.

A partir da comparação da posição atual do robô $\underline{X}$ (valor calculado a partir da posição atual $\underline{X}_{\text{atual}}$ obtidas das informações de posições dos sensores de juntas ou da sinapse neural) e sua posição de referência $\underline{X}_d$, um sinal de erro é amplificado e transformado em termos de coordenadas articulares δq a partir do cálculo de $J^\#(q)$. O sinal de erro é integrado e depois utilizado como sinal de entrada para controle das variáveis articulares da prótese.

Finalmente, a obtenção da matriz Jacobiana, utilizada no método recursivo para o cálculo do modelo cinemático inverso, é uma forma multidimensional da derivada e relaciona a velocidade no espaço de juntas à velocidade no espaço cartesiano. A sua solução deverá ser encontrada em tempo real através da utilização de algoritmos numéricos, onde será aproximada por $\Delta \underline{x} = J \cdot \Delta \underline{q}$.

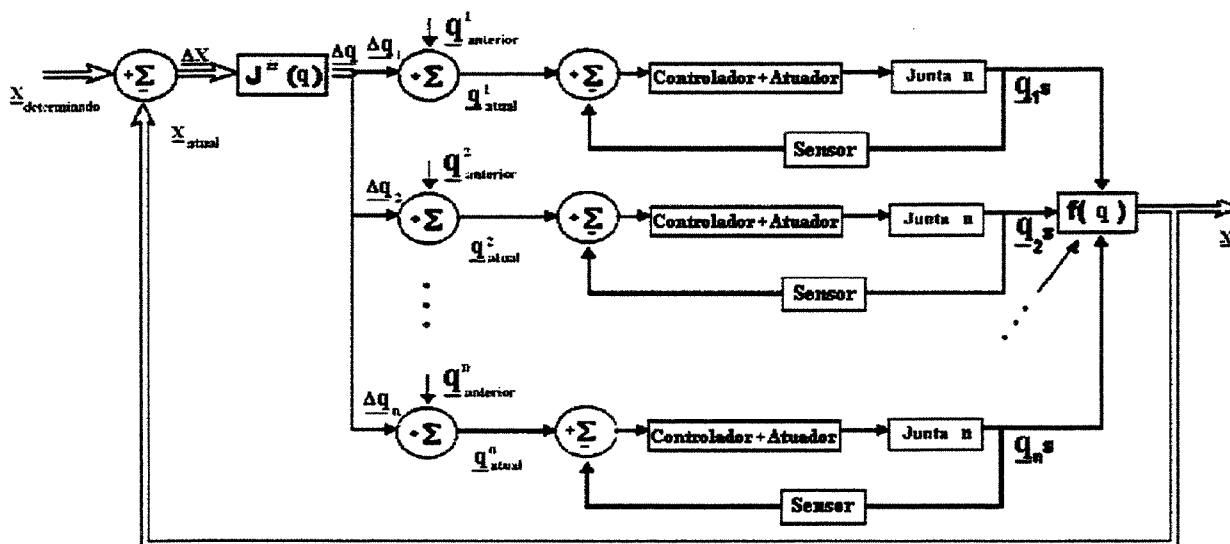


Figura 4.10 - Malha de controle de posição.

4.8 Metodologia da Inversa Generalizada

Em muitos casos, a solução de um sistema de equações lineares existe, mesmo quando a inversa da matriz não existe. Este problema e muitos outros podem ser resolvidos através do conceito da pseudoinversa, ou matriz inversa generalizada [PIRES & TENREIRO, 1999], [DUARTE & TENREIRO, 1999].

A matriz inversa generalizada de uma matriz A deve atender a algumas das seguintes propriedades para obter sucesso:

- i) Deve reduzir-se a A^{-1} se A é não singular;
- ii) Deve sempre existir;
- iii) Deve possuir algumas das propriedades da inversa (ou modificações destas);
- iv) Quando usadas no lugar da inversa, deve ser capaz de proporcionar respostas sensíveis para questões importantes tais como consistência das equações, ou soluções dos mínimos quadrados.

Moore e Penrose definiram a pseudoinversa de uma matriz $A^\#$ como sendo a única solução para:

$$\begin{aligned}
 A \times A^\# \times A &= A \\
 A^\# \times A \times A^\# &= A^\# \\
 (A \times A^\#)^t &= A \times A^\# \\
 (A^\# \times A)^t &= A^\# \times A
 \end{aligned}
 \tag{4.25}$$

4.9 Comentários finais do capítulo.

Neste capítulo inicialmente foi feita uma revisão dos conceitos de modelagem matemática de manipuladores antropomórficos, cuja metodológica foi aplicada na elaboração da modelagem geométrica e cinemática do sistema articular dos membros superiores e inferiores do corpo humano, apresentado posteriormente neste capítulo, visando o estabelecimento de leis para a implementação do controle cinemático de próteses de membros artificiais.

A partir deste modelo geométrico gerado foi desenvolvido o tratamento cinemático direto e inverso que foi implementado em algoritmos computacionais, descritos no capítulo que se segue, visando simulação e controle cinemático direto e inverso de servo-sistemas antropomórficos.

No capítulo 6 foi implementada uma prótese que possui três G.L. e redundância análoga a um dedo de uma mão antropomórfica, onde foi aplicado o algoritmo cinemático inverso.

Capítulo 5

Simulação Computacional de Movimentos de Próteses

5.1 Introdução

Para a manufatura de próteses de sistemas articulares antropomórficos aplicadas a substituição de setores de membros amputados, tanto de membros superiores, quanto de membros inferiores, há a necessidade da modelagem cinemática e dinâmica dos sistemas naturais para que se possam reproduzir artificialmente as funções dos membros lesados do paciente, visando a recuperação das suas funções para a execução das atividades cotidianas que lhe eram normais.

Para controlar a seqüência dos deslocamentos angulares das juntas de pernas artificiais robóticas ativas na tarefa de uma caminhada, ou de subir uma escadaria, ou até mesmo de uma corrida ou salto, como também a tarefa de deslocar um braço e efetuar uma preensão de um determinado objeto, se faz necessária a elaboração e aplicação de um modelamento do servo-sistema a ser comandado através de um algoritmo computacional processado por um controlador dedicado.

É de fundamental importância a elaboração da simulação computacional dos movimentos executados pelas articulações do sistema natural, para que se possa desenvolver projetos de sistemas articulares artificiais, assim como elaborar leis de controle que reproduzam os comandos emitidos pelo sistema nervoso.

A tarefa de simulação computacional dos movimentos de um sistema articular antropomórfico apresenta um grande número de obstáculos no caso de ser implementada a partir de aplicativos disponíveis no mercado, devido a estes já preverem estruturas modulares e visualização pré-definidas, apresentando ainda a limitação dos graus de liberdade da cadeia cinemática, não possuindo modelo numérico.

A partir do modelo cinemático apresentado no capítulo anterior, foram desenvolvidos programas computacionais que são apresentados no corrente capítulo, os quais têm por principal função a implementação da simulação de movimentos de próteses e a aplicação do controle tanto cinemático direto quanto cinemático inverso de membros antropomórficos artificiais superiores e inferiores.

Neste capítulo, portanto, será apresentada uma descrição destes algoritmos computacionais desenvolvidos a partir do modelo geométrico gerado para o sistema articular antropomórfico dos membros superiores e inferiores exposto no capítulo anterior.

O presente capítulo é iniciado com a descrição da estruturação destes programas, seguido da apresentação e análise dos respectivos resultados das simulações computacionais efetuadas.

5.2 Aplicativos da Modelagem

5.2.1 Implementação Computacional do Modelo Cinemático Direto dos Membros Superiores e Inferiores

Devido a limitação apresentada pelos aplicativos atualmente disponíveis para a simulação dos movimentos de sistemas antropomórficos, devido a apresentarem muitos graus de liberdade, foram desenvolvidos programas dedicados a esta função específica.

Como visto no capítulo anterior, ao aplicarmos o conceito das transformações homogêneas de rotação e translação, depois da distribuição dos referenciais, os diferentes graus de liberdade do sistema articular são definidos através de seus sistemas de coordenadas. Deste modo a posição e orientação dos pontos da estrutura podem ser sistematicamente definidas. A notação matricial utilizada permite ainda, o desenvolvimento de modelos numéricos para resolução do problema cinemático inverso.

Assim sendo, qualquer objeto no espaço de trabalho do sistema articular pode ser relacionado, e a partir disto, estabelecer-se leis de controle baseados no modelo cinemático que relaciona a posição e orientação espacial dos seus elementos constituintes.

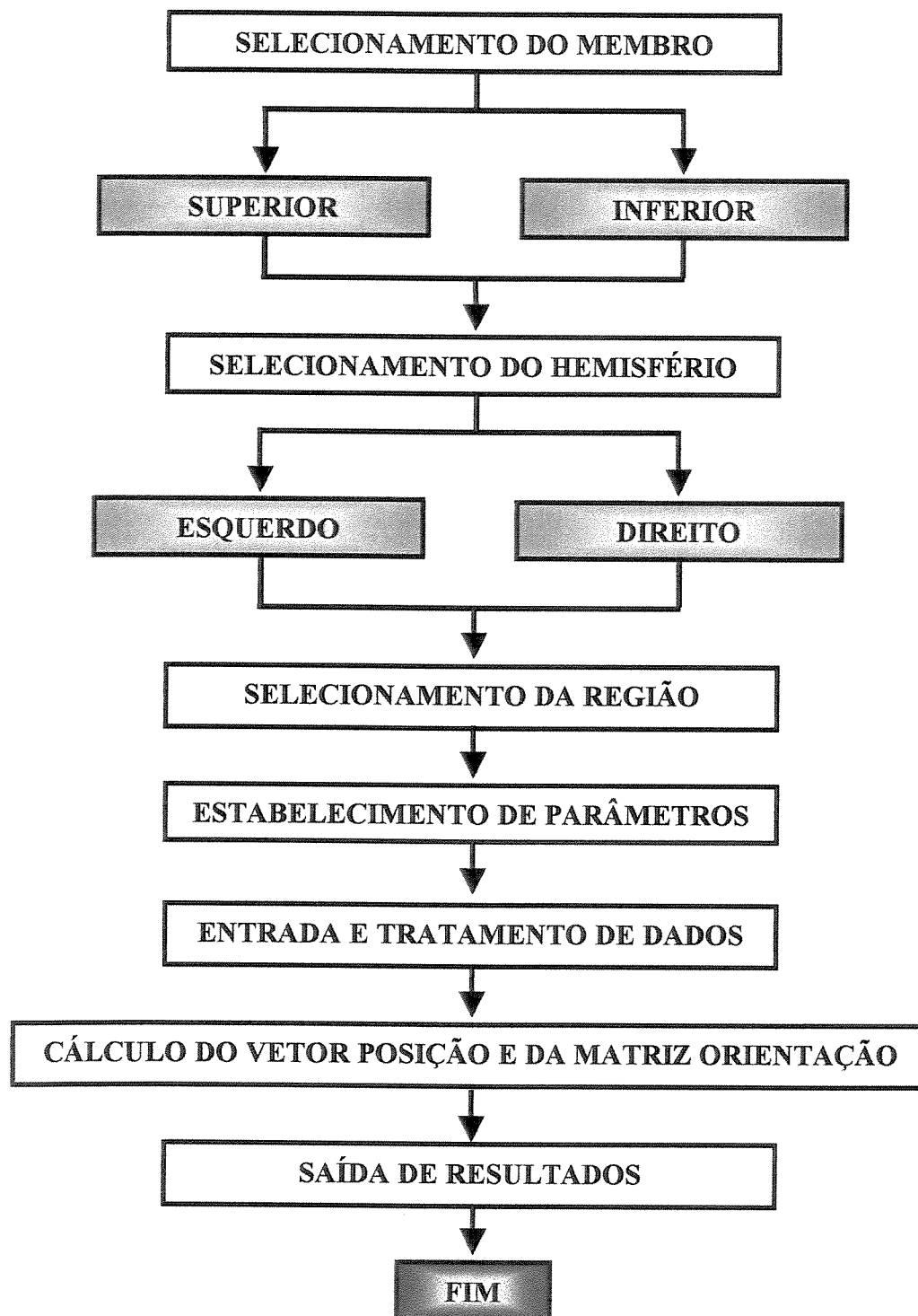
A partir das variáveis articulares é possível determinar a posição vetorial e a matriz de orientação do sistema em relação ao referencial inercial fixo na base localizada no centro geométrico do corpo.

Assim sendo, utilizando o modelo cinemático descrito no capítulo 4, foram elaborados dois programas computacionais, referentes aos setores da cintura escapular e da cintura pélvica, os quais, através da aplicação das equações cinemáticas diretas do sistema articular, efetuam o cálculo do deslocamento no espaço cartesiano dos diversos elos das estruturas articuladas e das matrizes de orientação, a partir da entrada do deslocamento angular das diversas juntas do sistema.

Para simplificar a implementação computacional, foi usada a propriedade da simetria dos hemisférios esquerdo e direito, tendo como por metodologia de modelagem o estabelecimento dos parâmetros do lado esquerdo, possibilitando assim a determinação dos parâmetros do lado direito. Alguns dos resultados da simulação são apresentados no Anexo VI.

5.2.2 Algoritmo Computacional para Modelagem Cinemática de Membros Antropomórficos

Neste trabalho foi realizado um programa computacional de aplicação da Modelagem Cinemática dos membros Superiores e Inferiores, cujo fluxograma é descrito a seguir:



5.2.2.1 Descrição de Etapas do Fluxograma

Etapas 1 – Selecionamento do Membro

Nesta etapa o usuário seleciona o membro desejado a ser implementado, podendo optar por membros superiores ou por membros inferiores.

Etapas 2 – Selecionamento do Hemisfério

Nesta etapa o usuário seleciona o hemisfério do corpo humano a ser simulado, podendo optar pelos hemisférios esquerdo ou direito e hemisférios esquerdo e direito.

Etapas 3 – Selecionamento da Região

Nesta etapa o usuário seleciona a região a ser considerada para a simulação, sendo que o menu dos membros superiores é composto pelos setores:

- JUNTA INTERNA
- JUNTA INTERNA A JUNTA EXTERNA
- JUNTA INTERNA AO COTOVELO
- JUNTA INTERNA AO ANTEBRAÇO
- JUNTA INTERNA AO PULSO
- JUNTA INTERNA AO DEDO POLEGAR
- JUNTA INTERNA AO DEDO INDICADOR
- JUNTA INTERNA AO DEDO MÉDIO
- JUNTA INTERNA AO DEDO ANELAR
- JUNTA INTERNA AO DEDO MÍNIMO

e o menu dos membros inferiores é composto pelos setores:

- JUNTA INTERNA À JUNTA EXTERNA DA BACIA
- JUNTA INTERNA AO JOELHO
- JUNTA INTERNA À CANELA
- JUNTA INTERNA AO TORNOZELO
- JUNTA INTERNA AO DEDO 1
- JUNTA INTERNA AO DEDO 2

- JUNTA INTERNA AO DEDO 3
- JUNTA INTERNA AO DEDO 4
- JUNTA INTERNA AO DEDO 5

Etapa 4 – Selecionamento de Parâmetros

Nesta etapa o programa define automaticamente os parâmetros do membro, sendo definidos:

- A Matriz e do Vetor de posição inicial,
- Os Limites angulares das juntas,
- As Dimensões dos elementos geométricos constituintes da cadeia,
- O Número de graus de liberdade,
- O Ponto inicial,
- O Ponto final.

Etapa 5 – Entrada de dados

Nesta etapa o usuário carrega o programa com os dados de entrada requeridos no algoritmo, sendo que o processo é composto por:

- Entrada de dados dos ângulos das juntas (em graus),
- Alteração do ângulo caso haja erro ao entrar com o valor,
- Conversão do ângulo de graus em radianos,
- Cálculo do valor dos senos e cossenos dos ângulos de entrada,

Etapa 5 – Cálculo do Vetor Posição e da Matriz Orientação

Nesta etapa, o programa efetua os cálculos da Matriz de Orientação final, do vetor posição final e das coordenadas retangulares dos pontos importantes do setor selecionado da cadeia cinemática do membro superior ou inferior, conforme previamente determinado pelo usuário.

Etapa 6 – Saída de Resultados

Nesta etapa, o programa fornece a saída de resultados via vídeo ou impressora, conforme determinado pelo usuário.

5.3 Implementação Computacional para a Obtenção da Orientação do Efetuador

Conforme foi apresentado anteriormente, a posição completa do elemento terminal da prótese é definida através de sua posição (x,y, z) e da matriz de orientação, seja ela de um membro superior quanto de um membro inferior.

Assim sendo, neste trabalho foi elaborado um algoritmo computacional, que obtém a matriz de orientação a partir dos ângulos RPY como dado de entrada como também, obtém os três ângulos RPY a partir da matriz de orientação, conforme foi abordado na seção 4.2, sendo que alguns resultados para algumas configurações se encontram no Anexo II.

O programa computacional desenvolvido permite a modelagem de próteses com n graus de liberdade, podendo ser utilizado na implementação de algoritmos de controle em tempo real.

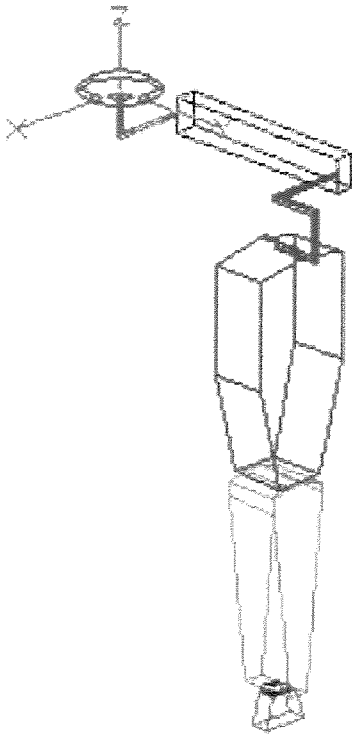
No anexo II, são apresentados exemplos de simulação para diferentes configurações elementares da prótese implementada. Outros graus de liberdade poderão ser facilmente implementados a partir da metodologia definida neste capítulo.

5.4 Simulação dos Movimentos Básicos da Cintura Escapular Humana

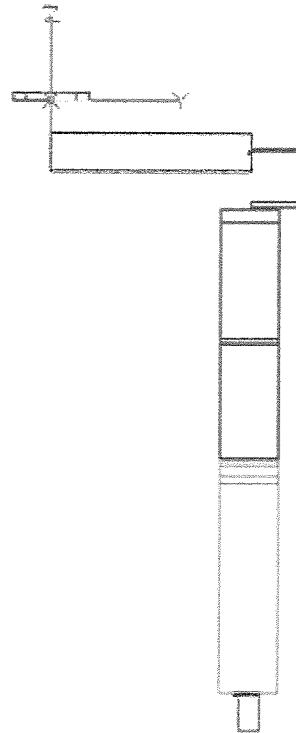
Para validarmos o modelo apresentado anteriormente, referente aos membros superiores, foi utilizado o aplicativo comercial WORKSPACETM, que permite a implementação de um sistema articular análogo ao natural, que aplica a metodologia da parametrização de Denavit-Hartenberg (Anexo II) para essa cadeia cinemática [JACOBSEN, 1991]. Assim sendo, a partir dos parâmetros (a, α , d, θ) foi gerada automaticamente a visualização da configuração espacial do sistema, desenvolvendo a partir disso a simulação dos principais movimentos deste setor do corpo humano.

A seguir, são descritas as plantas do modelo (figura 5.1) com seus respectivos eixos de rotação (figura 5.2).

VISTA TRIDIMENSIONAL



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL



VISTA DE TOPO

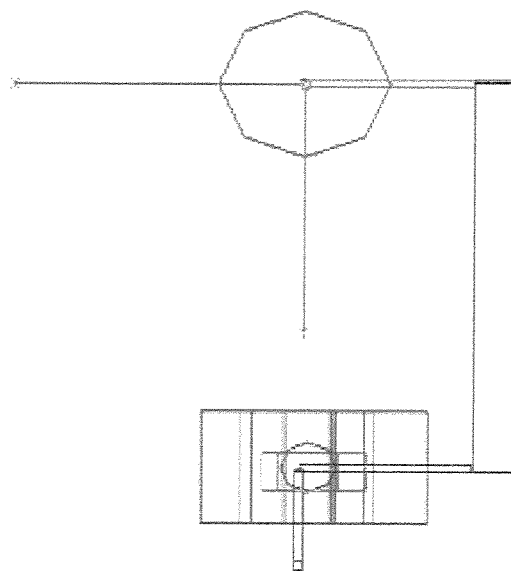


Figura 5.1 - Planta do manipulador

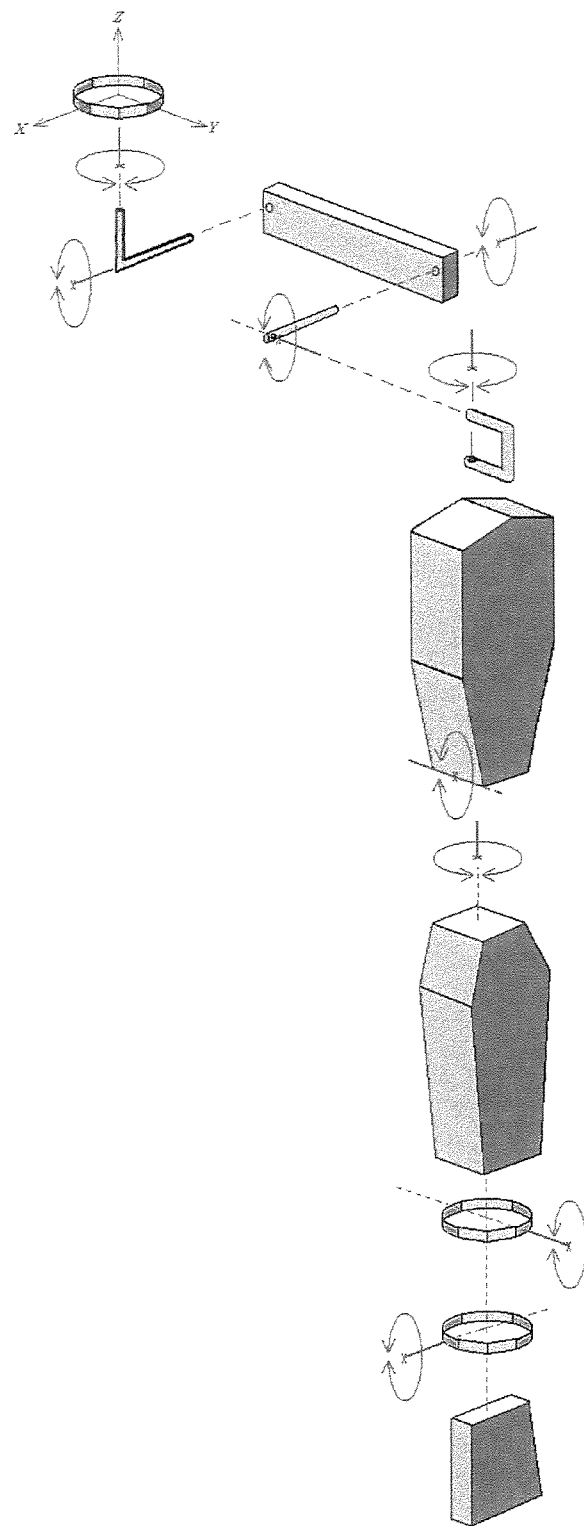
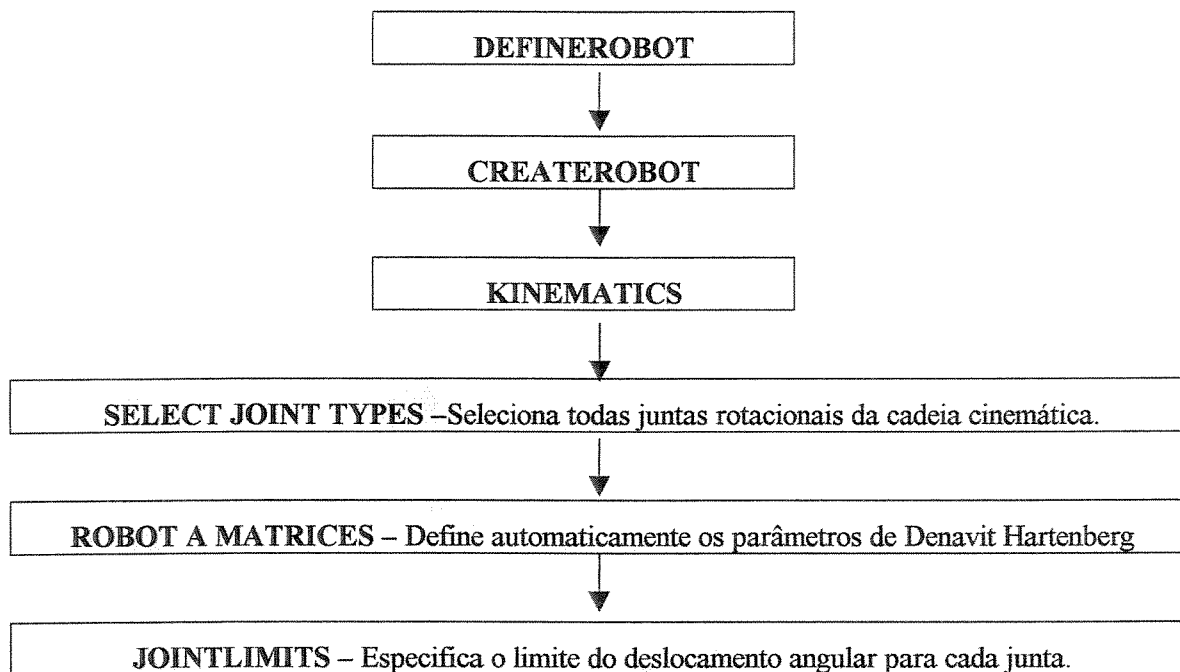


Figura 5.2 - Disposição espacial dos eixos de rotação

5.4.1 Definição dos Elementos do Robô em Ambiente Workspace™.

Após a confecção dos elementos constituintes do sistema, e alocados os sistemas de coordenadas para cada elemento, prossegue-se a implementação com a etapa da definição do robô, a qual é constituída pelos passos inseridos nos submenus abaixo descritos do menu Model.



Após o desenvolvimento de todo o processo de definição do manipulador, é possível verificar-se que o deslocamento no espaço cartesiano, a partir da alocação de coordenadas em espaço angular, ou vice-versa, através do Menu Pendant, como também as três coordenadas de orientação do elemento efetuator [roll (balanço), pitch (mergulho) e yaw (guinada)].

Visando conferir os resultados obtidos através deste aplicativo comercial, foram comparados alguns resultados de simulação obtidos a partir desta implementação com a metodologia descrita e aplicada nas secções 5.2.1 e 5.2.2, que descreve a utilização do Método dos Referências Locais para obtenção da posição e da orientação final do setor do membro a ser considerado no algoritmo.

Para efeitos de simulação, adotaram-se duas posições, sendo a primeira, a posição de Posição de Repouso (Posição de inicialização) e a segunda, uma posição qualquer no espaço. A seguir, especificamos os resultados das simulações para as duas configurações acompanhadas da análise dos resultados obtidos.

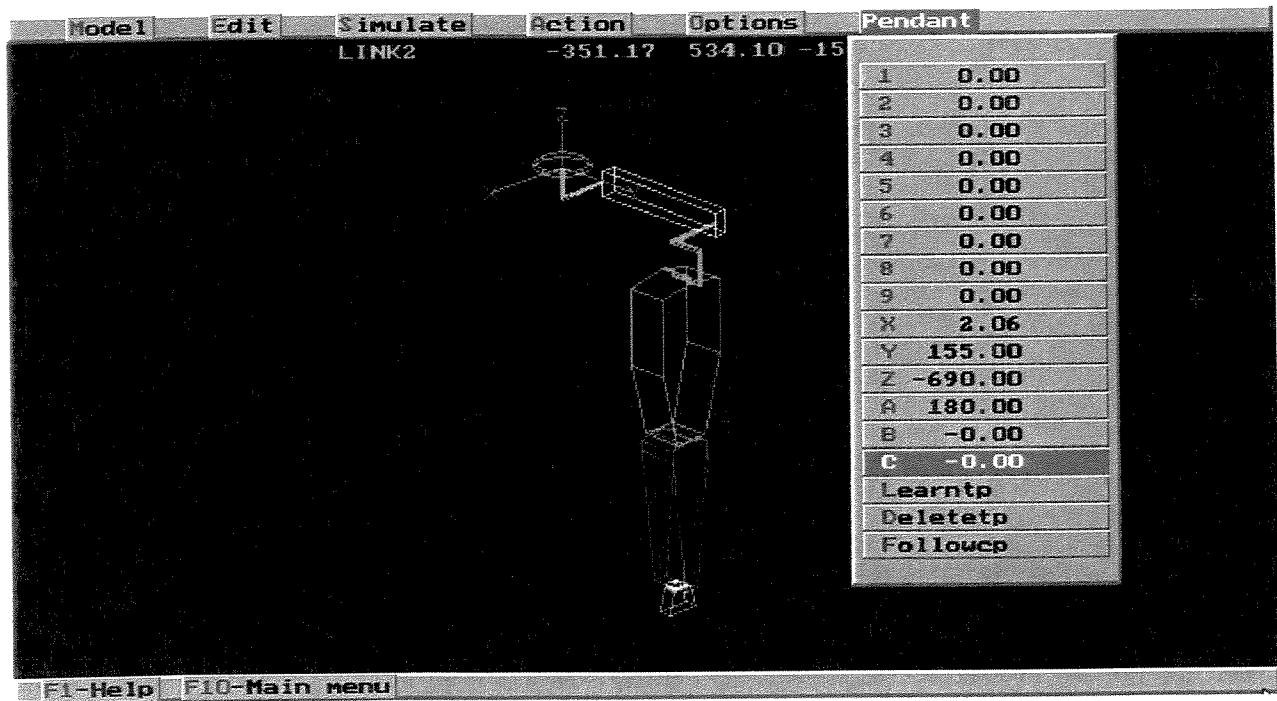
5.4.2 Resultados Obtidos da Simulação Computacional

1ª Configuração: Posição de inicialização

Resultado obtido via software dedicado

Config. Atual (graus)	Matriz de Orientação	Posição Final (em mm)
$q(1) = 0$ $q(2) = 0$ $q(3) = 0$ $q(4) = 0$ $q(5) = 0$ $q(6) = 0$ $q(7) = 0$ $q(8) = 0$ $q(9) = 0$	$\begin{bmatrix} n_x & n_y & n_z \\ s_x & s_y & s_z \\ a_x & a_y & a_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2,06 \\ 155,00 \\ -690,00 \end{bmatrix}$

Resultado obtido via Wspace

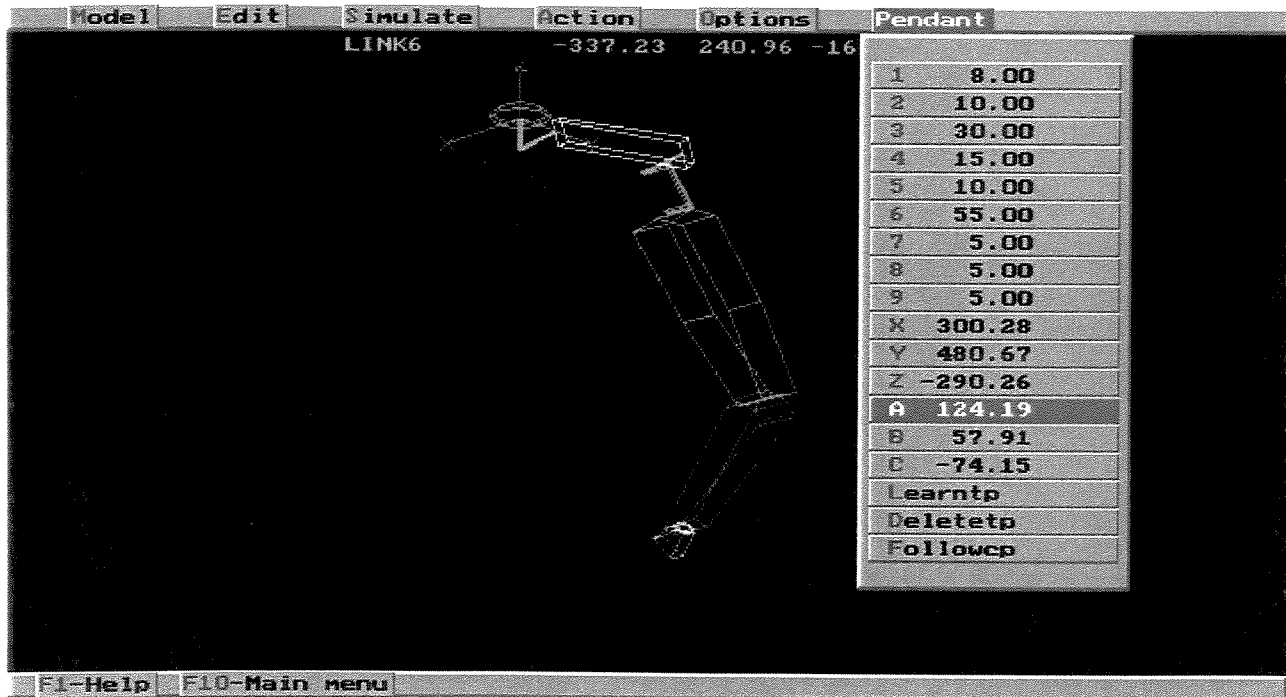


2ª Configuração: Posição definida no espaço de trabalho.

Resultado obtido via software dedicado

Config. Atual (graus)	Posição Final (em mm)	Matriz de Orientação
q (1) = 8 q (2) = 10 q (3) = 30 q (4) = 15 q (5) = 10 q (6) = 55 q (7) = 5 q (8) = 5 q (9) = 5	$\begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 300.28 \\ 480.67 \\ -290.26 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} n_x & n_y & n_z \\ s_x & s_y & s_z \\ a_x & a_y & a_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0,2751614 & 0,3941514 & -0,8816853 \\ 0.3114475 & -0.8033795 & -0.4714774 \\ -6.473332E-02 & 9.971143E-02 & -3.165095E-02 \end{bmatrix}$

Resultado obtido via Wspace



5.5 Conclusões finais

Neste capítulo foi apresentada uma descrição dos programas computacionais desenvolvidos a partir do modelo geométrico gerado para o sistema articular antropomórfico dos membros superiores e inferiores.

Estes aplicativos computacionais desenvolvidos neste capítulo visam a manufatura de próteses de sistemas articulares antropomórficos aplicadas a substituição de setores amputados, tanto de membros superiores, quanto de membros inferiores, fornecendo informações relativas a posição e a orientação dos diversos setores da estrutura, a partir da utilização da modelagem cinemática e dos sistemas ,permitindo assim a reprodução dos movimentos efetuados pelos membros superiores e inferiores.

Inicialmente, foi descrita a estrutura dos programas computacionais dedicados a aplicação da modelagem cinemática direta a membros superiores e inferiores, os quais, efetuam o cálculo do vetor posição e da matriz orientação, sucessivamente, aplicando o conceito de referenciais locais.

Como segundo passo de implementação computacional, foi mostrada a metodologia de aplicação dos ângulos RPY para a obtenção da matriz orientação, e da aplicação da matriz orientação para a obtenção dos três ângulos RPY, em um algoritmo computacional que efetua o cálculo desses elementos, permitindo a implementação em trabalhos futuros do controle da orientação do sistema efetuator de uma prótese antropomórfica tanto de membro superior quanto de membro inferior.

A terceira e última parte deste capítulo teve como por objetivo efetuar a simulação computacional dos movimentos básicos da cintura escapular em aplicativo comercial workspace TM, que implementa através dos parâmetros de Denavit-Hartenberg do sistema a visualização espacial, permitindo a simulação completa da prótese antropomórfica a partir dos ângulos correspondentes aos diferentes graus de liberdade da cadeia, obtendo-se automaticamente a posição a partir do cálculo do vetor posição e da matriz de orientação do elemento terminal da prótese antropomórfica ao entrar-se com os valores dos ângulos das articulações, fornecendo ainda a visualização dos movimentos da estrutura, permitindo uma análise de trajetórias com obstáculos a serem planejadas virtualmente em CAD e CAM.

Capítulo 6

Realização Experimental

6.1 Introdução

Para a validação do procedimento de modelagem descrito anteriormente, neste capítulo será realizada uma descrição do desenvolvimento das duas implementações experimentais desenvolvidas no Laboratório de Automação Integrada e Robótica – L.A.I.R., que compuseram a aplicação prática deste trabalho.

O primeiro experimento teve como objetivo principal a validação da modelagem cinemática de um sistema antropomórfico. Com essa finalidade foi implementado um protótipo de manipulador planar com três articulações rotacionais planares com redundância que reproduz os movimentos de flexão e extensão dos dedos indicador, médio, anelar e mínimo da mão humana, proporcionando a partir disso, a verificação do modelo, a aplicação do conceito de controle de movimentos para o manipulador descrito anteriormente, estendendo e validando experimentalmente os conceitos descritos nos capítulos anteriores.

Com a finalidade de validarmos o modelo cinemático do protótipo em estudo, foram utilizados servo-motores de corrente contínua para acionamento e controle dos três graus de liberdade do deste protótipo. Isto permitiu a utilização de uma interface industrial que permitisse a geração de comandos similares a de um manipulador robótico industrial.

O segundo experimento foi realizado a partir de um sistema articular rotacional de um grau de liberdade, acionado por um atuador linear de metal de memória de forma (SMA) que contrai

ou dilata em proporção a variação de temperatura controlada pelo fluxo de corrente elétrica que o energiza. O objetivo deste segundo experimento é de adquirir o conhecimento necessário para que se torne possível a implementação do acionamento de próteses usando atuadores lineares análogos aos músculos, permitindo a reprodução de movimentos de um membro natural.

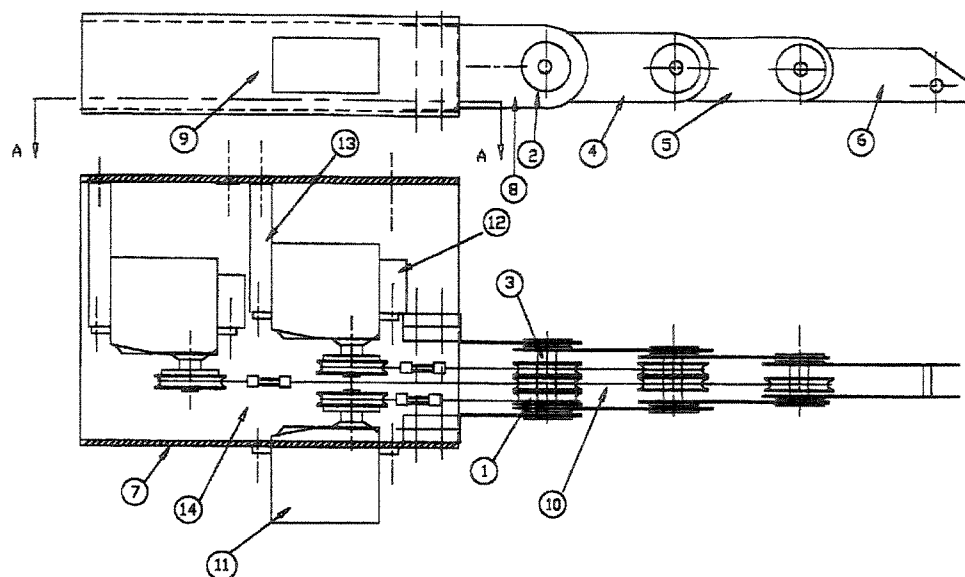
Para que fosse possível a realização de uma análise quantitativa dessa liga SMA, foi implementado em laboratório um sistema automatizado que permitisse a aquisição e tratamento estatístico dos dados obtidos. Um circuito de controle proporcional utilizando componentes lógicos reprogramáveis foi implementado visando o acionamento e controle de um grau de liberdade de uma junta antropomórfica utilizando liga SMA.

6.2 Protótipo experimental de um dedo antropomórfico

Para a simulação de movimentos de parte do modelo apresentado anteriormente, foi desenvolvido em laboratório um protótipo de um dedo, que reproduz os movimentos de flexão e extensão de um dedo de uma mão humana (figura 6.1). O acionamento das juntas é feito através de servomotores cc, sendo que a posição angular de cada junta é fornecida através de potenciômetros acoplados ao eixo de cada acionador. O sistema de transmissão é acoplado e é realizado através de cabos, os quais desempenham função análoga a dos tendões de um sistema natural. A interface de controle de acionamento utilizada no protótipo foi de uma interface comercial de controle de acionamento de juntas robóticas, tendo em vista a facilidade de programação e utilização (aprendizagem) (figura 6.2). O Controle de acionamento dos atuadores é feito através de interface de um robô comercial.

6.2.1 Apresentação do Protótipo

O protótipo tem três graus de liberdade, apresentando, portanto, redundância e tem como por objetivo validar toda a teoria abordada nos capítulos anteriores, sendo que no prosseguimento, em uma implementação futura, na associação com outros dois manipuladores similares, acoplados todos em uma mesma base, obtém-se uma ferramenta terminal de preensão com características antropomórficas. Além disso, a sistemática utilizada para modelagem cinemática é facilmente extensível a qualquer articulação do sistema articular humano.



- 1) Roldanas
- 2) Mancal
- 3) Eixo
- 4) Corpo 1
- 5) Corpo 2
- 6) Corpo 3
- 7) Base
- 8) Corpo 0
- 9) Motor
- 10) Cabo de aço
- 11) Suporte de motor
- 12) Suporte de motor
- 13) Esticador
- 14) Acoplamento

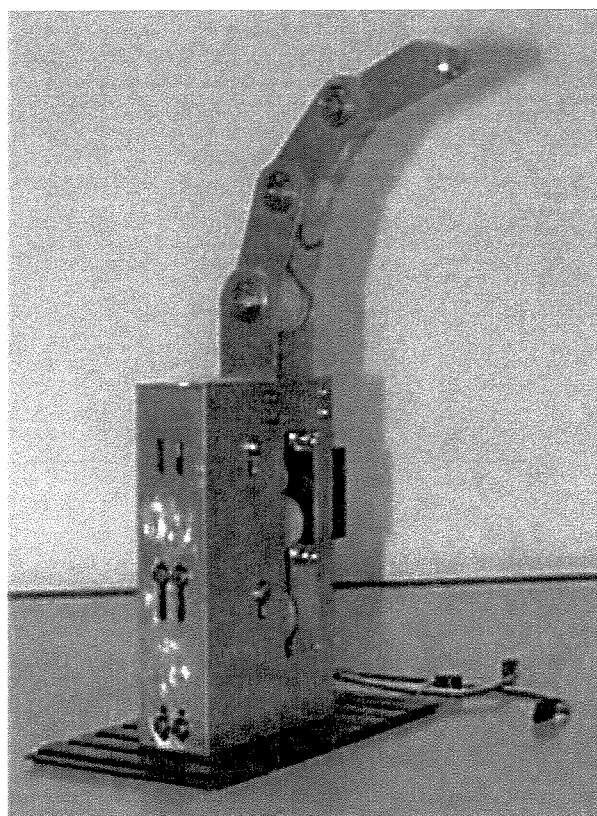


Figura 6.1 – Apresentação da Planta e do Protótipo confeccionado

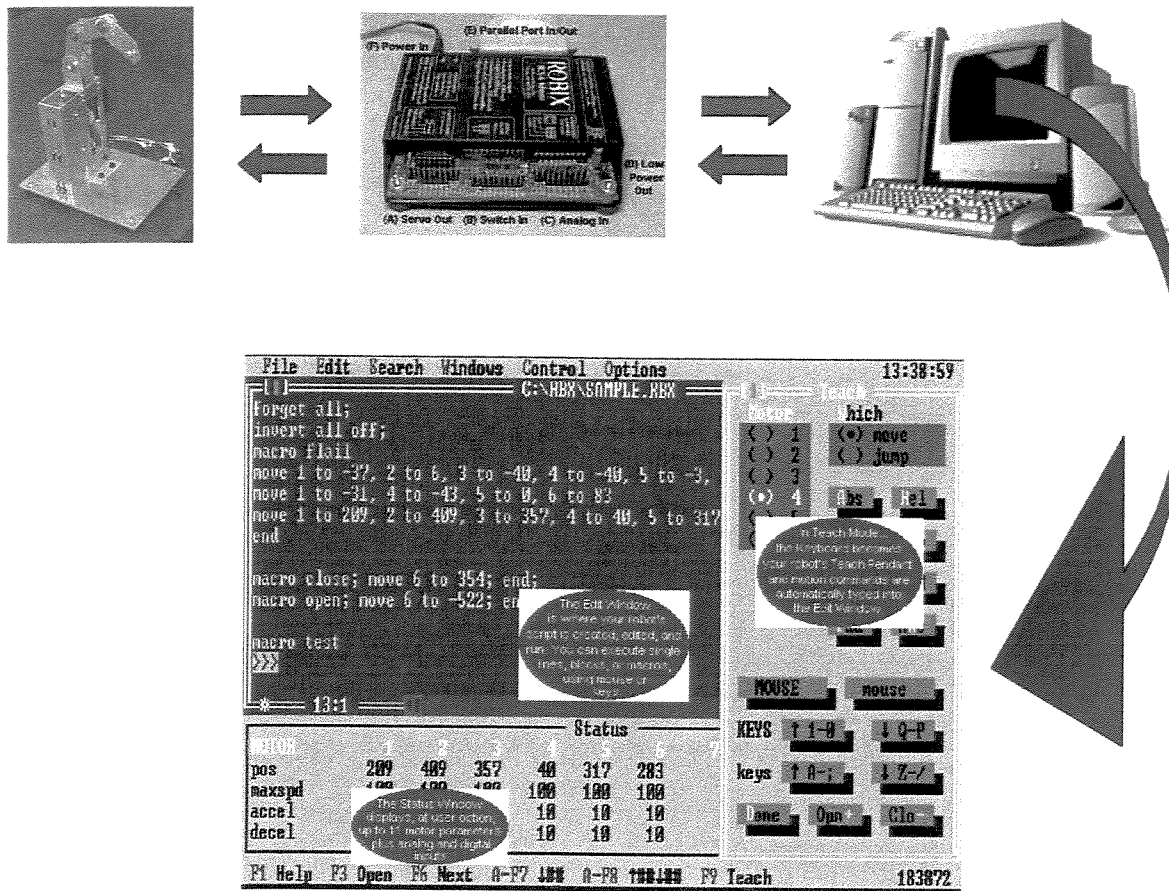


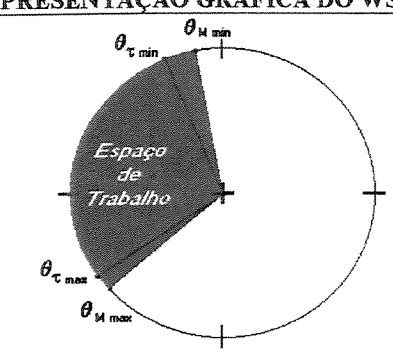
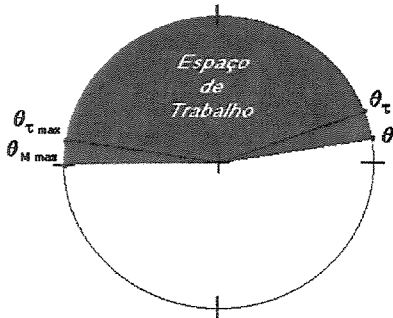
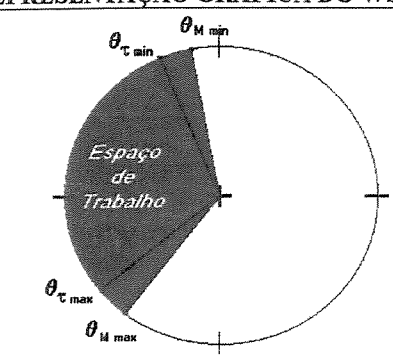
Figura 6.2 - Protótipo desenvolvido e interface de monitoramento e controle que permite modo de aprendizagem direta sem a necessidade de modelo

6.2.2 Espaço de trabalho das juntas do manipulador

Com o objetivo de garantirmos toda a precisão de medida e segurança do protótipo desenvolvido, foram estabelecidos limites angulares mínimo e máximo para cada junta apresentados na tabela 6.1, determinando assim a faixa de trabalho de cada articulação do dedo manipulador.

A partir da implementação destes limites no controlador, tornou-se possível a operação do protótipo desenvolvido dentro de regiões de trabalho longe dos limites mecânicos das juntas evitando assim imprecisões de medidas devido a folgas ou hipertensão dos cabos nas juntas devido ao tipo do acoplamento feito entre elas e seus acionadores e tornando possível que o mesmo trabalhasse com faixas de erros toleráveis para o protótipo (1 mm).

TABELA 6.1 - ESPAÇO DE TRABALHO DAS ARTICULAÇÕES DO DEDO

JUNTA 1		
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO WSPACE	IMPULSÕES (MONITOR)	GRAUS (MEDIDO)
	$\theta_{M \min} = 1610$	$\theta_{M \min} = 10^{\circ}$
	$\theta_{M \max} = -806$	$\theta_{M \max} = 125^{\circ}$
	$\theta_{\tau \min} = 1251$	$\theta_{\tau \min} = 20^{\circ}$
	$\theta_{\tau \max} = -909$	$\theta_{\tau \max} = 120^{\circ}$
JUNTA 2		
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO WSPACE	IMPULSÕES (MONITOR)	GRAUS (MEDIDO)
	$\theta_{M \min} = -2400$	$\theta_{M \min} = -80^{\circ}$
	$\theta_{M \max} = 1507$	$\theta_{M \max} = 90^{\circ}$
	$\theta_{\tau \min} = -2175$	$\theta_{\tau \min} = -70^{\circ}$
	$\theta_{\tau \max} = 1285$	$\theta_{\tau \max} = 80^{\circ}$
JUNTA 3		
REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO WSPACE	IMPULSÕES (MONITOR)	GRAUS (MEDIDO)
	$\theta_{M \min} = -2456$	$\theta_{M \min} = 10^{\circ}$
	$\theta_{M \max} = 165$	$\theta_{M \max} = 140^{\circ}$
	$\theta_{\tau \min} = -2254$	$\theta_{\tau \min} = 20^{\circ}$
	$\theta_{\tau \max} = -37$	$\theta_{\tau \max} = 130^{\circ}$

Onde

- $\theta_{M \min} \Rightarrow$ Limite angular mecânico mínimo,
 $\theta_{M \max} \Rightarrow$ Limite angular mecânico máximo,
 $\theta_{\tau \min} \Rightarrow$ Limite angular de trabalho mínimo,
 $\theta_{\tau \max} \Rightarrow$ Limite angular de trabalho máximo.

6.2.3 Modelagem Cinemática

O protótipo experimental desenvolvido do dedo, que apresenta três graus de liberdade, pode ser representado pelo modelo físico de um pêndulo triplo planar, descrito na figura 6.4, sendo que as equações do modelo são dadas por:

$$\begin{aligned}x_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3) &= L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin \theta_2 + L_3 \sin \theta_3 \\x_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3) &= L_1(1 - \cos \theta_1) + L_2(1 - \cos \theta_2) + L_3(1 - \cos \theta_3)\end{aligned}\quad (6.1)$$

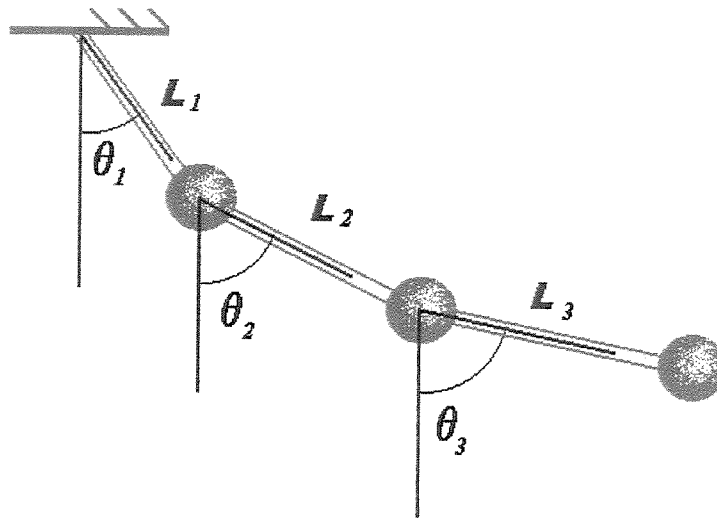


figura 6.3 – Modelo representativo de um sistema articular de três graus de liberdade

A partir da diferenciação das equações, podemos escrever:

$$\begin{aligned}\frac{\partial x_1}{\partial \theta_1} &= L_1 \cos \theta_1 & \frac{\partial x_1}{\partial \theta_1} &= L_1 \sin \theta_1 \\ \frac{\partial x_1}{\partial \theta_2} &= L_2 \cos \theta_2 & \frac{\partial x_1}{\partial \theta_1} &= L_1 \sin \theta_1 \\ \frac{\partial x_1}{\partial \theta_3} &= L_3 \cos \theta_3 & \frac{\partial x_1}{\partial \theta_1} &= L_1 \sin \theta_1\end{aligned}\quad (6.2)$$

Escrevendo estes resultados sob a forma vetorial temos que

$$dx = Jd\theta \quad (6.3)$$

onde dx e $d\theta$ são vetores que representam um pequeno deslocamento, e são escritos como:

$$dx = \begin{Bmatrix} \partial x \\ \partial y \end{Bmatrix}, \quad d\theta = \begin{Bmatrix} \partial \theta_1 \\ \partial \theta_2 \\ \partial \theta_3 \end{Bmatrix}, \quad J = \begin{bmatrix} L_1 \cos \theta_1 & L_2 \cos \theta_2 & L_3 \cos \theta_3 \\ L_1 \sin \theta_1 & L_2 \sin \theta_2 & L_3 \sin \theta_3 \end{bmatrix}$$

que é a matriz jacobiana, cujos elementos são função dos deslocamentos angulares das articulações e dependem diretamente da configuração do manipulador.

Para obtermos o deslocamento angular de cada junta procedemos algebricamente que

$$\begin{aligned} dx_{(2 \times 1)} &= J_{(2 \times 3)} * d\theta_{(3 \times 1)} & \Rightarrow \\ J^T_{(3 \times 2)} * dx_{(2 \times 1)} &= (J^T_{(3 \times 2)} * J_{(2 \times 3)}) * d\theta_{(3 \times 1)} & \Rightarrow \\ (J^T_{(3 \times 2)} * J_{(2 \times 3)})^{-1} * J^T_{(3 \times 2)} * dx_{(2 \times 1)} &= d\theta_{(3 \times 1)} & (6.4) \end{aligned}$$

onde

$$(J^T_{(3 \times 2)} * J_{(2 \times 3)})^{-1} * J^T_{(3 \times 2)} = J^\#$$

(Matriz generalizada de Moore e Penrose)

onde J^T é a matriz jacobiana transposta.

6.2.4 Sistema de Controle e compensação do efeito pantográfico

O controle de uma prótese robotizada antropomórfica pode ser definida como um sistema cuja proposição é regular ou ajustar o fluxo de energia de uma maneira desejada. Um sistema de controle em malha fechada utiliza os sinais da saída para modificar as ações do sistema com o intuito de atingir o objetivo especificado. A partir da comparação de uma entrada de referência com a saída do sistema, um sinal de erro permitirá a atuação de um elemento controlador, que gerará um sinal de controle que depois de amplificados são enviados aos acionadores do sistema. A figura 6.3 apresenta uma malha de controle completa para uma prótese robótica de três graus de liberdade, utilizando a resolução da Matriz Jacobiana definida anteriormente no controlador de posição (modelagem cinemática inversa).

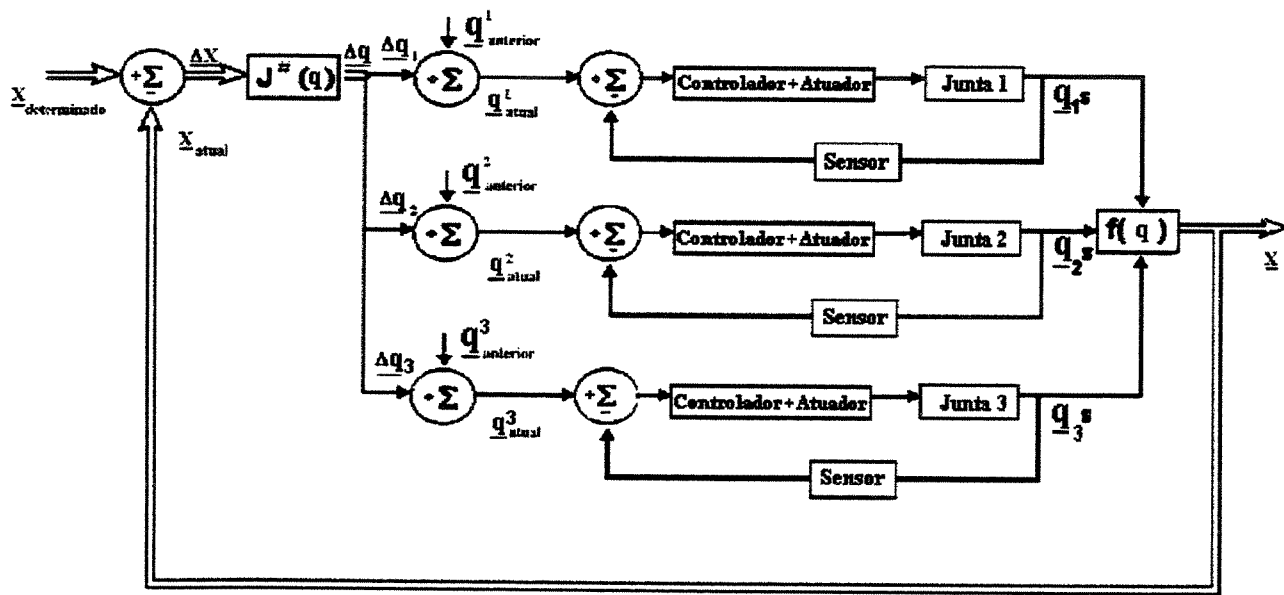


Figura 6.4 - Malha de controle de posição do dedo.

Devido ao efeito pantógrafo apresentado pelo sistema real, para podermos aplicar as equações cinemáticas desenvolvidas na seção 6.2.3.2, temos que efetuar a correção dos valores angulares. Para tal inserimos nas equações os parâmetros de correção, β e γ , obtidos experimentalmente através de ensaios experimentais, cuja metodologia utilizada é descrita no Anexo III, de forma que as equações (6.9) e (6.10) podem ser rescritas na forma:

$$x_1(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = L_1 \sin \theta_1 + L_2 \sin(\theta_{2C} + \beta \theta_{1C}) + L_3 \sin(\theta_{3C} + \gamma \theta_{2C} + \beta(1 + \gamma) \theta_{1C})$$

$$x_2(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = L_1 (1 - \cos \theta_{1C}) + L_2 (1 - \cos(\theta_{2C} + \beta \theta_{1C})) + L_3 (1 - \cos(\theta_{3C} + \gamma \theta_{2C} + \beta(1 + \gamma) \theta_{1C})) \quad (6.5)$$

Para o caso do modelo cinemático inverso, derivando as equações (6.17) e (6.18), obtemos os elementos da matriz Jacobiano, de modos que:

$$j_{11} = \frac{\partial x_1}{\partial \theta_{1C}} = L_1 \cos \theta_{1C} + [L_2 \cos(\theta_{2C} + \beta \theta_{1C})] \beta + [L_3 \cos(\theta_{3C} + \gamma \theta_{2C} + \beta(1 + \gamma) \theta_{1C})] \beta(1 + \gamma)$$

$$j_{12} = \frac{\partial x_1}{\partial \theta_{2C}} = L_2 \cos(\theta_{2C} + \beta \theta_{1C}) + L_3 \cos(\theta_{3C} + \gamma \theta_{2C} + \beta(1 + \gamma) \theta_{1C}) \gamma$$

$$j_{13} = \frac{\partial x_1}{\partial \theta_{3C}} = L_3 \cos(\theta_{3C} + \gamma \theta_{2C} + \beta(1 + \gamma) \theta_{1C}) \quad (6.6)$$

$$j_{21} = \frac{\partial x_2}{\partial \theta_{1C}} = L_1 \sin \theta_{1C} + [L_2 \sin(\theta_{2C} + \beta \theta_{1C})] \beta + [L_3 \sin(\theta_{3C} + \gamma \theta_{2C} + \beta(1 + \gamma) \theta_{1C})] \beta(1 + \gamma)$$

$$j_{22} = \frac{\partial x_2}{\partial \theta_{2C}} = L_2 \sin(\theta_{2C} + \beta \theta_{1C}) + L_3 \sin(\theta_{3C} + \gamma \theta_{2C} + \beta(1 + \gamma) \theta_{1C}) \gamma$$

$$j_{23} = \frac{\partial x_2}{\partial \theta_{3C}} = L_3 \sin(\theta_{3C} + \gamma \theta_{2C} + \beta(1 + \gamma) \theta_{1C})$$

6.2.4.1 Arquitetura de controle do servo mecanismo

Para validação do modelo cinemático implementado no protótipo de dedo antropomórfico foi utilizado um sistema de acionamento e controle comercial, apresentando uma arquitetura de comando apresentada na figura 6.5.

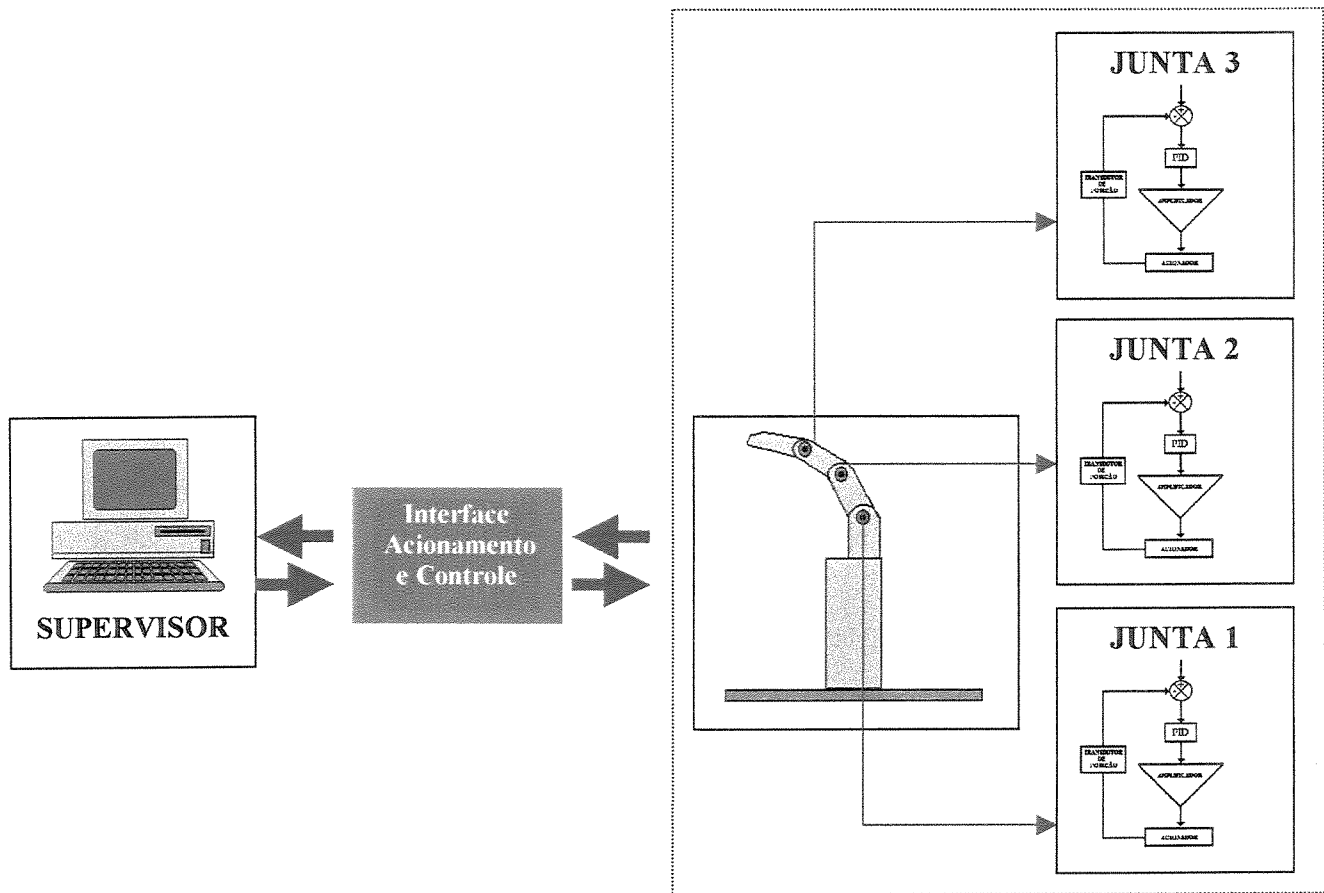


Figura 6.5 – Estrutura de Acionamento e controle.

Tendo em vista que o sistema de acionamento e controle utilizado ser comercial, não possuindo assim uma estrutura de controle aberta ao desenvolvimento, a implementação da arquitetura de controle proposta foi desenvolvida em duas partes conforme é apresentado na figura 6.6:

- i) Programação off-line: A partir da utilização do modelo cinemático inverso: A partir de uma dada posição final da extremidade do dedo, foi obtida uma trajetória contendo as posições angulares de cada junta, em arquivo compatível com o formato de trajetórias do controlador utilizado;
- ii) Programação on-line: A partir disso essas trajetórias foram enviadas pelo controlador a cada junta, verificando-se assim a trajetória realizada pelo dedo.

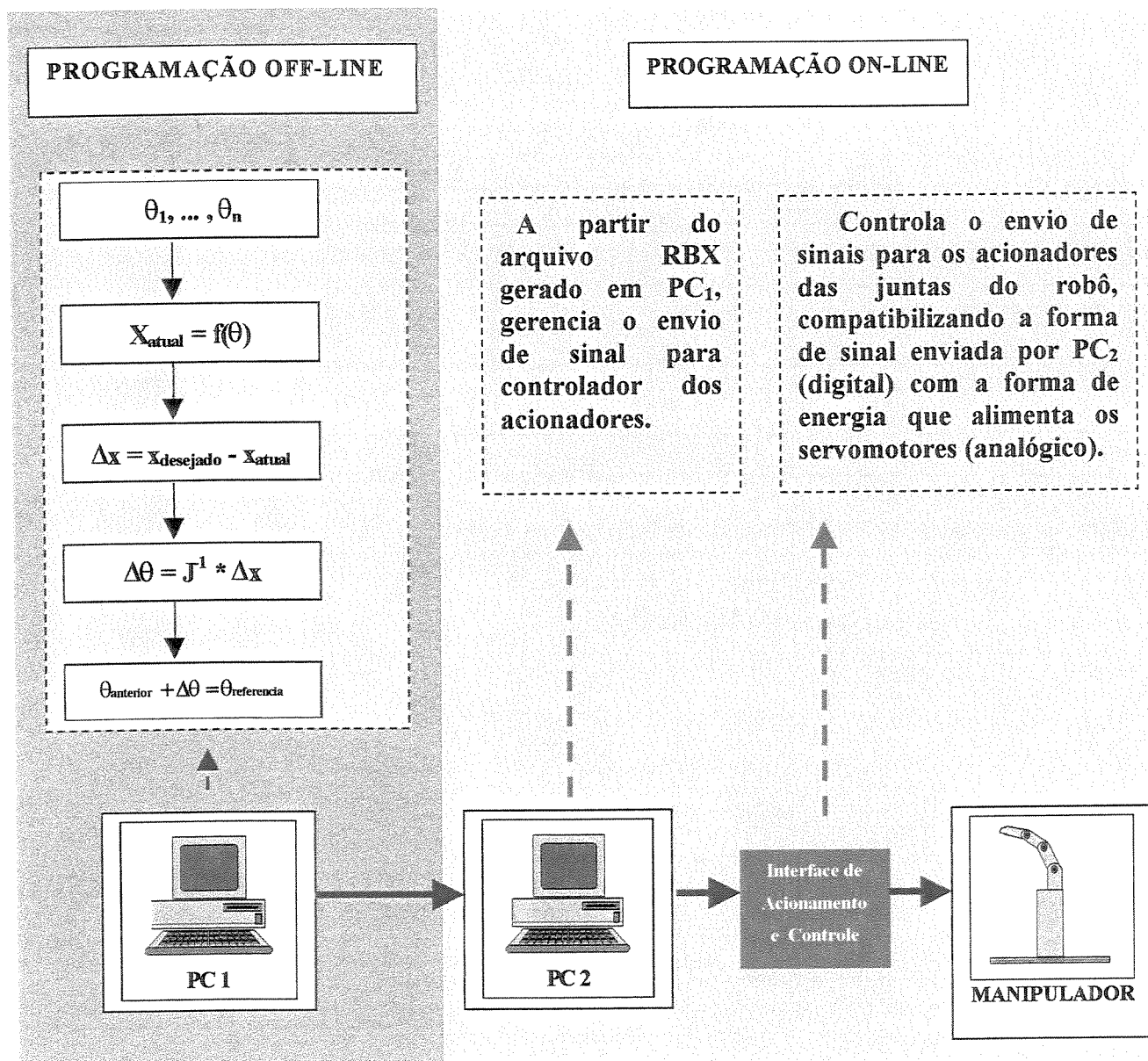


Figura 6.6 - Estrutura de controle implementada.

Num trabalho futuro pretende-se utilizar um controlador com arquitetura aberta, que possibilitará a implementação da arquitetura completa de controle de posição do dedo antropomórfico (figura 6.7). Para isso será necessária a obtenção dos coeficientes Beta e Gama do sistema pantografico, que podem ser obtidos experimentalmente a partir de metodologia de calibração e identificação de parâmetros apresentada em anexo.

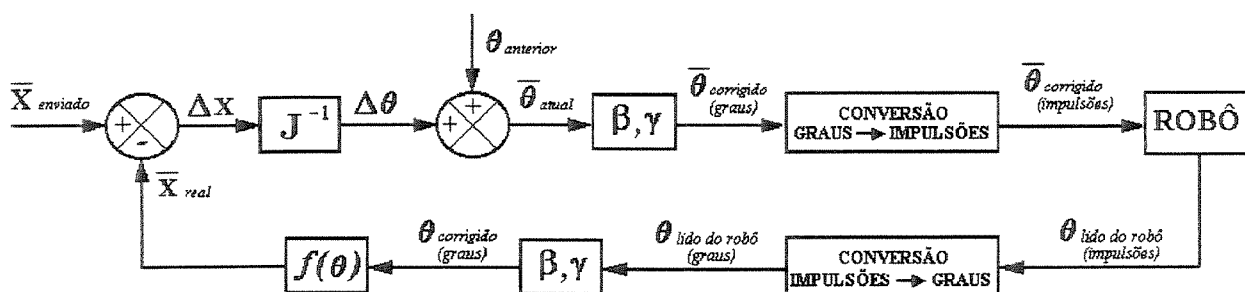


Figura 6.7- Malha de controle cinemático direto e inverso implementada em controlador.

6.2.5 Conclusões do primeiro experimento

A partir da implementação experimental feita qualitativamente, pode-se concluir que o sistema apresentava o efeito pantógrafo devido ao acoplamento, que por sua vez foi eliminado a partir da aplicação dos parâmetros de compensação para a obtenção de um ganho proporcional a defasagem das respectivas juntas via software.

Verificou-se ainda que o protótipo apresenta massa elevada devido aos atuadores utilizados, motivando o prosseguimento experimental através da substituição dos servo-motores por acionadores lineares, que apresentassem alta velocidade de resposta e massa reduzida, diminuindo consideravelmente a inércia do sistema.

Para tal, a seguir é descrita a segunda implementação experimental direcionada a análise qualitativa da aplicação de metais de memória de forma como atuadores de sistemas robóticos antropomórficos.

6.3 Sistemas de acionamento de próteses utilizando ligas de memória de forma

A segunda implementação prática deste trabalho tem por objetivo validar a aplicação de metais de memória de forma no acionamento de próteses a partir de testes feitos em bancada. Nesta seção, inicialmente são descritas as propriedades físicas destas ligas metálicas que permitirá uma melhor compreensão dos procedimentos experimentais descritos nas próximas seções.

6.3.1 Descrição de sistemas de acionamento linear utilizando NITINOL

Nos sistemas manipuladores naturais, os elementos ativadores são constituídos pelos tecidos musculares que, basicamente são atuadores elétricos comandados pelo sistema nervoso, de modo que, quando recebem um estímulo se contraem, gerando uma ação linear sob uma determinada articulação. O tecido muscular é composto por um feixe de fibras unidas pelo tecido conjuntivo. Cada fibra consiste num feixe de fibras menores, as fibrilas, e estas, por sua vez, são constituídas por estruturas ainda menores, os filamentos (figura 6.8). Quando o músculo se contrai, os filamentos se superpõem, dando-lhe uma aparência estriada.

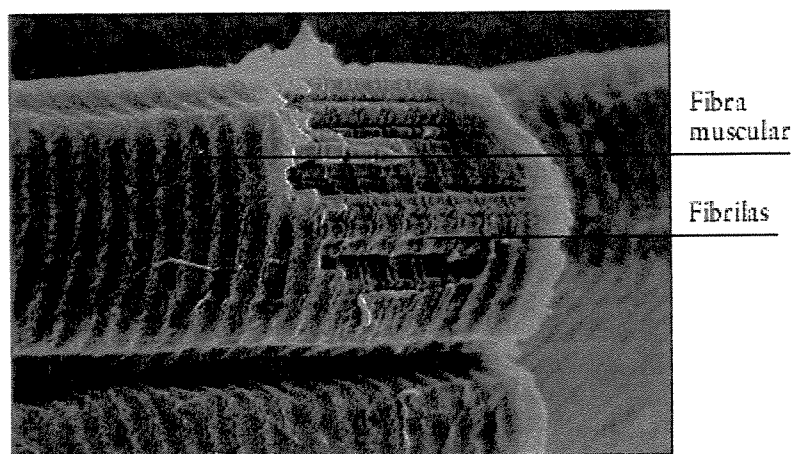


Figura 6.8– Estrutura de uma fibra muscular natural

Para o desenvolvimento de um manipulador análogo ao humano, tem-se que priorizar a pesquisa de acionadores lineares análogos ao sistema natural. Em uma prótese, a escolha dos atuadores mostra que estes devem ter resposta linear, acionamento silencioso e apresentar forças, momentos e dimensões semelhantes aos atuadores naturais, não podendo apresentar riscos para a saúde do usuário em seu emprego.

Atualmente, existem duas formas mais comuns para converter a energia elétrica em energia mecânica. A primeira é feita usando-se um motor elétrico e a segunda é usando-se solenóides. Porém, existe uma nova metodologia para este intento, que seria feita através da aplicação dos metais de memória de forma (SMAs). Estes "metais especiais" sofrem mudanças de forma e rigidez conforme são aquecidos ou resfriados, apresentando grande força mecânica no processo de transição, sendo capazes de erguer milhares de vezes seu peso, efetuando um movimento

silencioso e sereno, semelhante a um atuador natural. Eles podem ser aquecidos pelo uso da eletricidade, podendo ser utilizados no controle de movimentos em malha aberta e fechada.

Quando manufaturados na forma de fio, os SMAs contraem em comprimento quando aquecidos e relaxam quando resfriados. Exemplificando sua utilização, aplicando uma tensão de 3 volts, com aproximadamente 200 mA para aquecer o fio, pelo efeito Joule, para cada centímetro de comprimento, há o encurtamento de cerca de quatro por cento do seu comprimento inicial, aproximadamente quatro décimos de milímetros. Finalizado o processo de contração, ao desconectar o fio da fonte de tensão, ocorre o resfriamento do material e por consequência, a fibra muscular artificial se resfria e relaxa, estando pronta para mais outra ação.

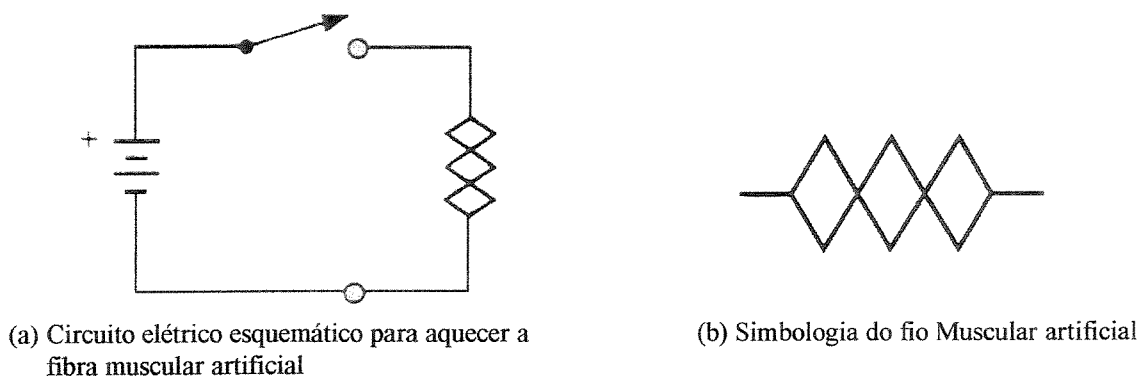


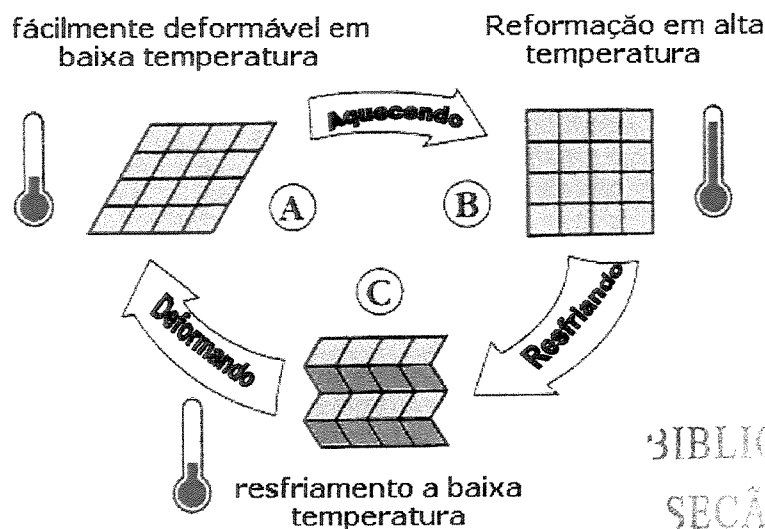
Figura 6.9 – Simbologia dos músculos artificiais

6.3.1.1 – Princípio de funcionamento de fibras musculares artificiais

As fibras musculares artificiais pertencem a uma classe de metais de memória de forma (SMAs). Estes metais têm uma estrutura cristalina uniforme que altera radicalmente sua disposição em função da temperatura.

Quando a liga de memória está abaixo da “temperatura de transição”, ela pode ser distendida e deformada até um determinado limite, sem apresentar dano permanente ao material, de modos que, quando deformada, se for aquecida a uma temperatura acima da temperatura de transição, a liga se “recupera” ou retorna a forma que tinha antes da deformação, voltando ao seu formato inicial.

Na forma de fio, a liga de memória de forma pode ser distendida perto de até oito por cento quando abaixo da temperatura de transição e quando aquecida, ela recupera sua forma original, encurtando seu comprimento, se contraindo com uma elevada força que pode ser utilizada para fins de acionamento. A figure 6.10 mostra o ciclo de deformação e reformação. Os retículos representam a estrutura cristalina de um metal de memória de forma típico, com cada quadrado contendo uma proporção uniforme de componentes formando a liga metálica.



UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Figura 6.10 – Mecanismo do efeito da memória de forma.

Metais de memória de forma têm sido fabricados a partir de muitas combinações diferentes de metais. A temperatura de transição varia para cada liga, e pode ser “programada” durante sua manufatura através do controle meticuloso da razão da quantidade dos metais componentes da liga e a presença de outros elementos.

A liga de memória de forma mais comum que existe é o nitinol que consiste quase de iguais quantidades de níquel e titânio em massa. Diferenças de menos de um por cento em sua proporção podem alterar a temperatura de composição da liga na ordem de -100°C para mais de 100°C .

Algumas ligas podem ser manufaturadas para serem usadas em determinadas temperaturas (por volta de 20°C) apresentando temperaturas de transição de aproximadamente 70°C . Estas ligas com temperatura de transição alta podem apresentar um comportamento cíclico constante,

desde que, em uma mesma temperatura elas resfriem mais rápido, porém requeiram uma quantidade de calor maior para serem ativadas e por conseqüência, uma maior quantidade de energia deve a ela ser aplicada, caracterizando a situação física da histeresis. Essas ligas têm temperatura de transição abaixo da temperatura geralmente necessária para ser resfriada para seu estado relaxado, porém, quando se deseja permanece-la ativa, mantém-se a liga submetida a uma temperatura fixa.

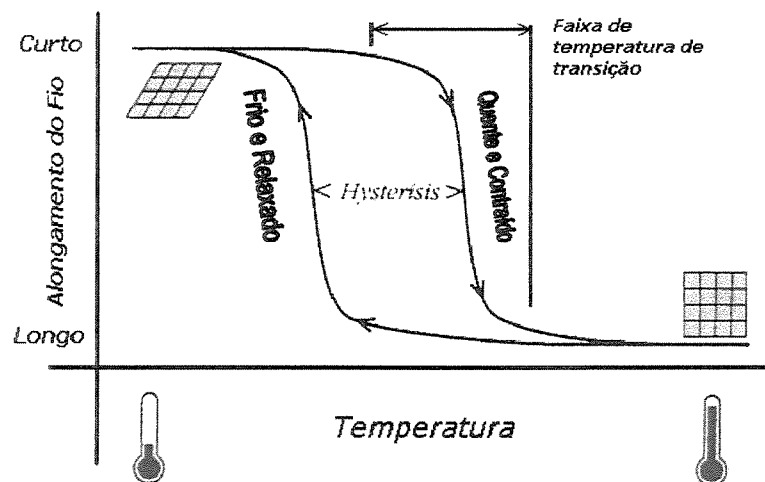


Figura 6.11 Variação do comprimento de um fio de SAM em função da temperatura.

Atualmente, SMAs apresentam um transiente de temperatura de histeresis muito baixa entre as temperaturas de contração e relaxação. A figura 6.11 mostra uma curva típica da variação do comprimento em função da temperatura para uma fibra muscular artificial, podendo-se notar a histeresis no processo.

6.3.1.2 – Utilização de fibras musculares artificiais no acionamento de juntas antropomórficas

Uma fibra muscular artificial pode exercer uma força muito alta com relação a sua pequena massa. Na atualidade se faz necessária a aplicação de pesquisa nesta área, principalmente no que tange a descoberta de novas ligas, novos mecanismos e circuitos eletro-eletrônicos para que se aprimore a eficiência e o controle dos movimentos gerados por estes atuadores.

Muitos fios podem ser acoplados em série e paralelo, de modos que se obtém maiores deslocamentos e maior força do sistema atuador. Para implementar estes atuadores em próteses, existe a necessidade da criação de sistemas modulares, que devem ser isolados térmicamente,

sensoriados através de sensores de força e posição, ter controle de arrefecimento, apresentando compactibilidade e flexibilidade. Estes sistemas atuadores devem ter controlabilidade e função equivalente a dos grupos musculares naturais de um membro.

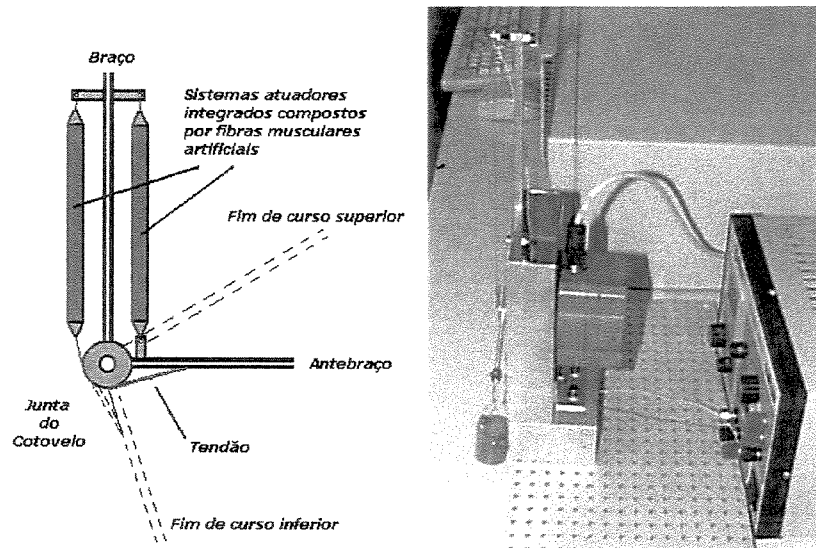


Figura 6.12 - Junta básica de um membro ativada por módulos acionadores integrados.

A figura 6.12 (a) mostra uma junta básica de um membro ativada por módulos acionadores integrados. Os atuadores antagonistas recebem energia e comunicam sinais de fontes externas, e devem gerar movimentos fortes e silenciosos e controlados nas duas direções.

Quando inseridos em uma estrutura esquelética e acoplados a uma potência e uma malha de controle, grupos destes atuadores podem criar movimentos lineares eficientes e silêncios sem a necessidade de fontes de pressão, como o caso dos acionadores pneumáticos ou hidráulicos, não apresentando a desvantagem do tamanho e a massa que os motores apresentam.

O controle do membro pode ser feito de várias formas, via sensores que detectam os impulsos das terminações nervosas, por sensores atuando sobre os sinais de outros músculos ou por interfaces computacionais que interpretam ações da cabeça ou dos olhos e convertem em movimento.

Para podermos aplicar uma estrutura de acionamento intrínseca como esta, há a necessidade inicialmente do estudo analítico do movimento em separado de cada atuador, para que se possa posteriormente acoplá-los. A figura 6.12(b) descreve o protótipo experimental elaborado que visa

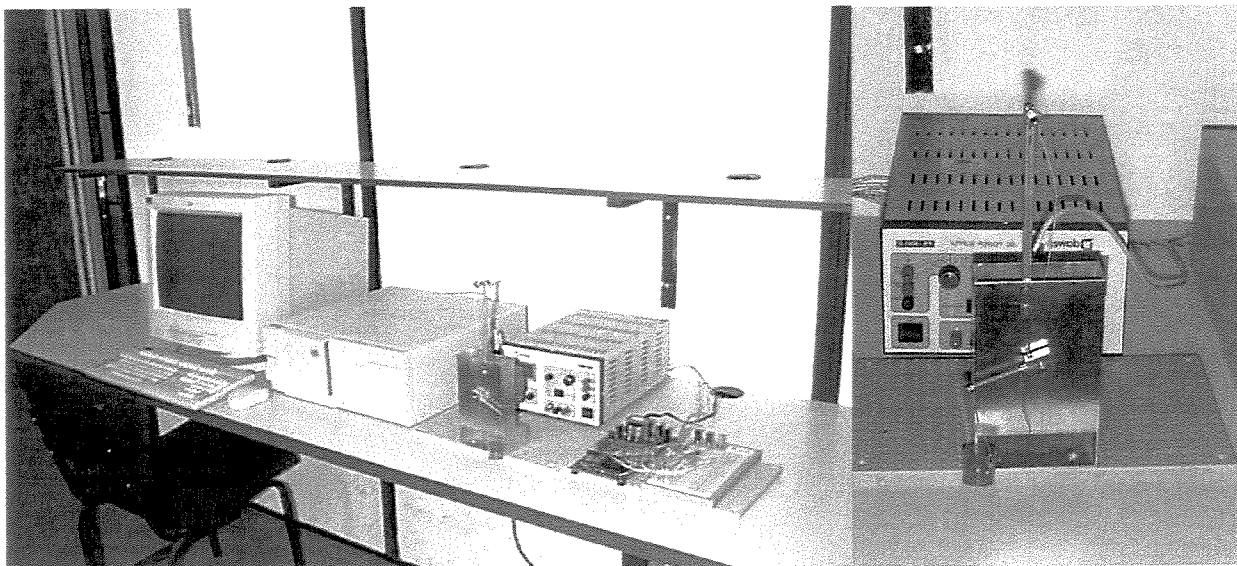
o levantamento da curva de histerese do material, que permite a elaboração de leis de controle do acionamento elétrico do atuador, permitindo assim a funcionamento deste elemento atuador em série e paralelo com outros atuadores.

6.3.2 Projeto e desenvolvimento de bancada experimental utilizando SMA

Com o objetivo de estudarmos o comportamento de atuadores SMA aplicados a próteses biomecânicas foi implementado no Laboratório de Automação Integrada e Robótica da UNICAMP, uma montagem experimental correspondente a uma junta antropomórfica (1 grau de liberdade com massa variável) acionada por um atuador linear utilizando liga metálica de memória de forma.

6.3.2.1 Protótipo experimental

A bancada experimental (fig. 6.13) é composta pelo protótipo constituído por uma junta rotacional acionada por um atuador linear de metal de memória de forma (NITINOL), tendo acoplado no eixo da junta um encoder incremental utilizado para medir a posição angular da junta. Na extremidade da haste existe um reservatório cuja função é de armazenar pequenas esferas de aço de massas determinadas, permitindo a análise do comportamento do acionador sob diferentes esforços aplicados (tais como, deformação permanente, fadiga, stress do material).



(a) Bancada Experimental

(b) Protótipo

Figura 6.13 – Detalhes construtivos do sistema articular rotacional de 1 GL acionado por acionador linear de liga de metal de memória de forma NITINOL

6.3.2.2 Interface Eletrônica

Com o objetivo de desenvolvermos uma plataforma aberta para desenvolvimento futuro de próteses antropomórficas aplicadas a níveis diferentes de amputação utilizamos no desenvolvimento experimental desse trabalho circuitos lógicos reprogramáveis ALTERA™, disponível no Laboratório de Automação Integrada e Robótica da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP (figura 6.14). A utilização desses componentes apresenta como principal vantagem a alta capacidade de integração, e a sua arquitetura aberta e estruturada de programação.

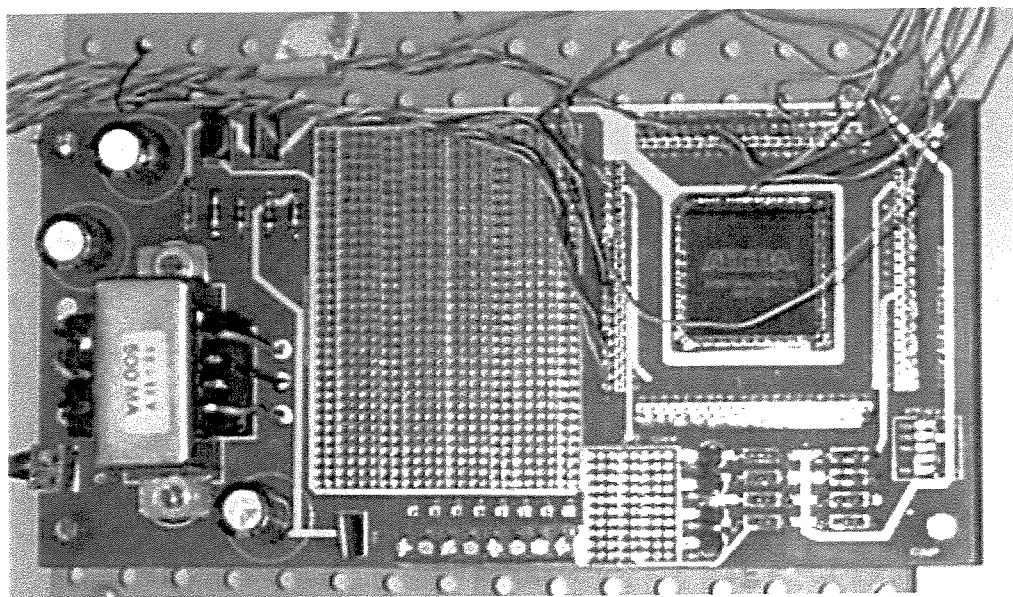


Figura 6.14 - Interface desenvolvida em Lógica Reprogramável.

Durante o desenvolvimento desse trabalho foram implementados os seguintes módulos:

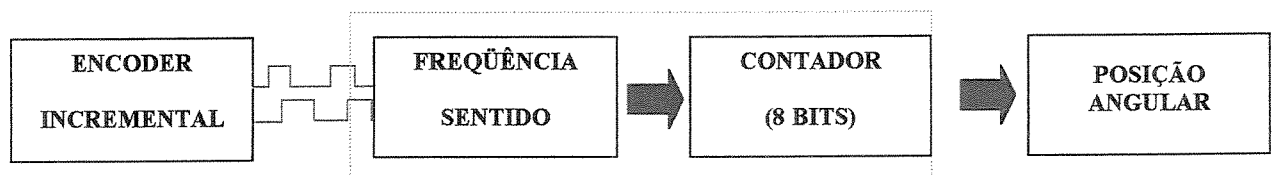
i) **Módulo de Aquisição de sinais e tratamento de informações do sensor de posição**

O tratamento dos sinais gerados pelo encoder é realizado através de um circuito lógico desenvolvido em lógica reprogramável, que permitiu a obtenção do sentido de rotação e frequência. A partir de um circuito de contagem/decontagem essas informações são enviadas a uma interface I/O de um PC, que permitindo assim um tratamento posterior dessas informações.

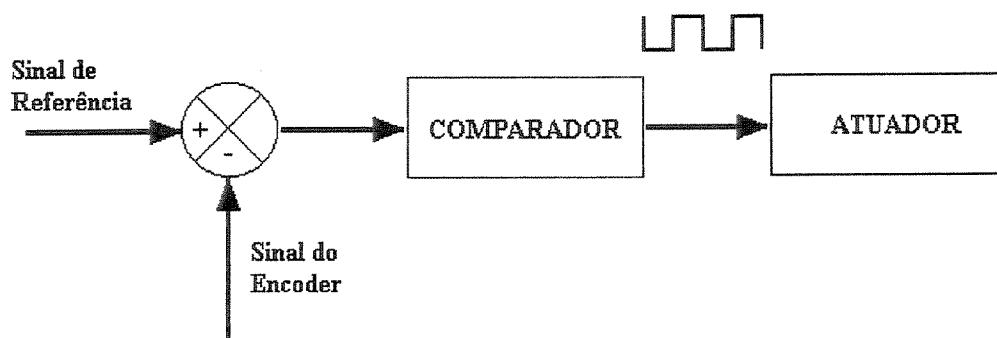
ii) Módulo de Controle Proporcional

Com o objetivo de validarmos a realização de um movimento de uma junta antropomórfica em função de uma dada trajetória foi implementado em lógica reprogramável um controle de posição proporcional que permitisse a comparação de sinais digitais de referência provenientes de um PC com a posição angular da junta medida através de um encoder incremental (modulo de tratamento das informações descrito anteriormente), e em função do erro de posição da junta, o atuador SMA era controlado através da corrente (figura 6.15). Em trabalhos futuros pretende-se implementar outros tipos de controladores de posição.

Lógica reprogramável (ALTERA)



(a) – Diagrama esquemático do Circuito de Acionamento e Controle



(b) Lógica de Controle programada em ALTERA.

Figura 6.15 - Controle de posição de junta

No anexo IV é apresentado detalhadamente o esquema eletrônico da interface desenvolvida e sua representação em termos de E/S (entradas e saídas), implementado no Laboratório de Automação Integrada e Robótica da UNICAMP, utilizando o Sistema de Desenvolvimento ALTERA™.

6.3.2.3 Sistema de Supervisão e Controle

Para calibração e validação dos resultados, foi projetado e implementado em lógica reprogramável um outro módulo, que permitisse assim o desenvolvimento de um sistema em tempo real para a aquisição e monitoramento das informações provenientes dos sensores de posição desta junta (encoders incrementais).

Assim sendo para validação e testes do sistema desenvolvido, foi implementado num micro-computador dedicado um sistema para supervisão que permitiu um monitoramento contínuo do encoder dos sinais provenientes do encoder de posição da junta, e um outro micro-computador foi dedicado a geração de sinais de referência para o circuito de controle, conforme mostra a figura 6.16.

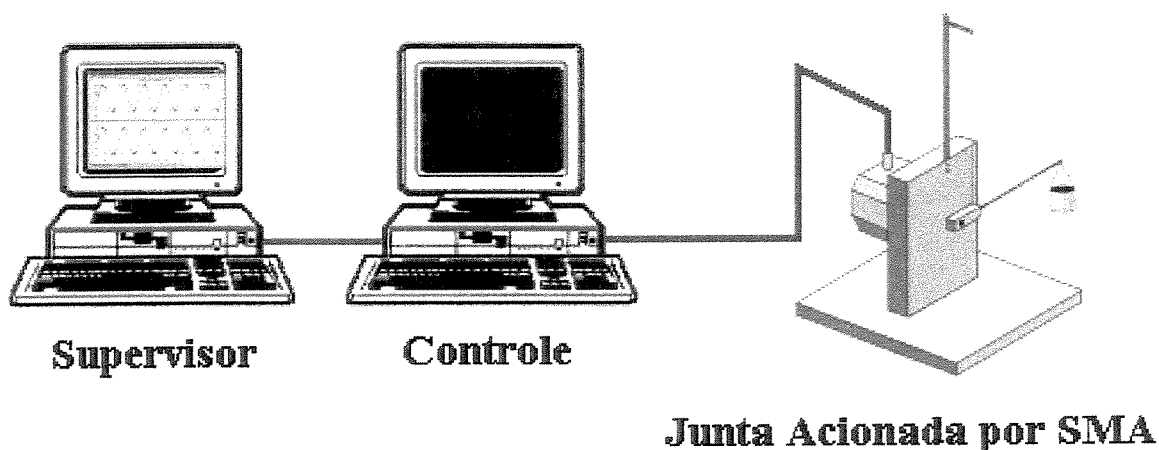


Figura 6.16 – Diagrama esquemático do sistema de supervisão e controle da junta antropomórfica acionada por SMA

6.4 Conclusões finais

Neste capítulo foi apresentada uma descrição do desenvolvimento das duas implementações experimentais que visaram validar o modelamento teórico desenvolvido nos capítulos precedentes deste trabalho.

O primeiro experimento foi realizado a partir do protótipo de um manipulador planar de três articulações rotacionais planares com redundância, proporcionando a partir disso, a verificação do modelo, a aplicação do conceito da geração de trajetórias e o controle de movimentos para o manipulador descrito.

O segundo experimento foi realizado a partir do protótipo de um sistema articular rotacional de um grau de liberdade, acionado por um atuador linear de metal de memória de forma (SMA), permitindo a partir disso a verificação do comportamento e das propriedades do NITINOL na tarefa de acionamento de próteses robóticas antropomórficas de membros superiores e inferiores, permitindo assim a elaboração das leis de controle para a ativação deste acionador.

O modo estruturado abordado neste trabalho permitirá que a mesma metodologia utilizada seja estendida facilmente a próteses antropomórficas com mais graus de liberdade.

Capítulo 7

Resultados, Conclusões e Perspectivas Futuras.

Neste trabalho de pesquisa, foram desenvolvidas metodologias necessárias para a implementação de próteses ativas, tanto de membros superiores, quanto de membros inferiores, que visam a reproduzir as funções do sistema natural que foi amputado e deve ser substituído para que haja a reabilitação do paciente. Para tal tarefa, foram aplicados conceitos de Cinesiologia, Automação e Robótica, nos seguintes estudos:

1. Revisão bibliográfica do conteúdo a ser desenvolvido e posicionamento do problema;
2. Estudo anatômico do sistema esquelético estrutural e articular do corpo humano, enfatizando membros superiores e inferiores, e do tecido muscular dos membros superiores e inferiores;
3. Estudo cinesiológico do sistema articular, com ênfase na biomecânica do movimento;
4. Modelagem Direta e Inversa dos Sistemas Articular dos Membros Superiores e Inferiores do Corpo Humano;
5. Elaboração de Algoritmos Computacionais, visando o estabelecimento de controle cinemático, com ênfase no:

- a) Desenvolvimento do Modelo Cinemático Direto e do Modelo Cinemático Inverso para a obtenção da posição no espaço cartesiano e da matriz de Orientação, a partir dos ângulos das juntas (Modelo Cinemático Direto);
 - b) Obtenção dos ângulos das juntas a partir da Matriz de Orientação, aplicando a Metodologia dos ângulos RPY (Modelo Cinemático Inverso).
 - c) Simulação gráfica utilizando software comercial do espaço de trabalho da cintura escapular utilizando a metodologia de estabelecimento de parâmetros de Denavit-Hartenberg a partir da configuração geométrica do robô desenvolvida, fornecendo o volume de trabalho do sistema manipulador e a posição espacial no sistema cartesiano a partir da entrada dos ângulos de junta.
 - d) Desenvolvimento de aplicativo computacional para a modelagem do sistema articular antropomórfico de membros superiores e inferiores, fornecendo a posição espacial no espaço cartesiano e a matriz de orientação a partir da entrada dos ângulos de junta.
6. A Implementação Experimental, de dois protótipos de laboratório visando a consolidação do conteúdo teórico desenvolvido, constituindo dos seguintes experimentos:
- a) Protótipo de um manipulador planar de três articulações rotacionais planares com redundância, proporcionando a partir disso, a verificação do modelo, a aplicação do conceito da geração de trajetórias e controle de movimentos no espaço de juntas e cartesiano.
 - b) Protótipo de um sistema articular rotacional de um grau de liberdade, acionado por um atuador linear de metal de memória de forma (SMA), permitindo a partir disso a verificação do comportamento e das propriedades do NITINOL na tarefa de acionamento de próteses robóticas antropomórficas de membros superiores e inferiores, permitindo assim a elaboração das leis de controle para a ativação deste acionador.

O modo estruturado abordado nestes experimentos permite que a mesma metodologia utilizada seja facilmente estendida a próteses antropomórficas com mais graus de liberdade.

Como por metas futuras a serem desenvolvidas almeja-se:

- A modelagem dinâmica dos membros superiores e inferiores do corpo humano;
- O estudo e implementação de Sistemas de Teleoperação Mioelétrica em próteses ativas de membros superiores e inferiores naturais e artificiais.
- O desenvolvimento de geração de trajetórias dos principais movimentos tanto dos membros superiores, quanto dos membros inferiores, visando a elaboração dos algoritmos da marcha e da corrida humana;
- O estudo de Próteses de joelhos pneumáticos e hidráulicos.
- O estudo e implementação de Lógica Fuzzy e Redes Neurais Artificiais em controle de próteses de membros superiores e inferiores.

Referências Bibliográficas

- [ABNT] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. NBR-6023; referências bibliográficas. Rio de Janeiro, 1989. 19 p.
- [ALI, 1991] ALI, ENGLER C. System description document for the Anthrohot- 2: A dexterous robot hand. NASA Tech. Memo. 104535. Mar. 1991.
- [BEKEY et all, 1990] BEKEY, R., TOMOVIC, ZELJKOVIC, I. Control architecture for the Belgrade/USC hand”, in Dextrous Robot Hands. S. T. Venkataraman and T. Iberall Eds., p. 136-149, 1990.
- [BOCCOLINI, 1990] BOCCOLINI, F. Reabilitação-Amputados, amputações, próteses. São Paulo: Robe-Livraria e Editora 1990. 250 p.
- [BOWKLER, MICHAEL, 1992] BOWKLER, J.H.; MICHAEL, J.W. Atlas of Limb Prosthetics. St. Louis, USA: Mosby Year Book, 1992.
- [CRAIG, 1986] CRAIG, J.J. Introduction to Robotics. Mechanics and control. NY, USA: Addison- Wesley Publishing Company, 1986. 580 p.
- [CUTKOSKY, 1977] CUTKOSKY, R., KAO, I. Computing and controlling the compliance of a robotic hand. J. Robot. Syst., v. 7, n 2, p. 139-144, 1990.

- [CRUZ, 1993] CRUZ, J.M. Projeto e Desenvolvimento de um Sistema de Geração Automática de Trajetória para Manipuladores. 1993. 134 f. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [DANGELO & FATTINI, 1998] DANGELO, J.G. E FATTINI, C.A. Anatomia Básica dos Sistemas Orgânicos. São Paulo: Editora Atheneu, 1998. 437 p.
- [DUARTE & TENREIRO, 1997] DUARTE, F. B. M.; TENREIRO MACHADO, J. A.. Matrizes Pseudoinversas: Aspectos Matemáticos e Aplicação ao Controlo de Manipuladores Redundantes. In: 5^{as} Jornadas Hispano-Lusas de Ingenieria Electrica, 1997, Salamanca, Espanha. Proceedings of 5^{as} Jornadas Hispano-Lusas de Ingenieria Electrica, Salamanca, Espanha, 1997. p. 1721-1728.
- [DUARTE & TENREIRO, 1999] DUARTE, F. B. M.; TENREIRO MACHADO, J. A.. Controlo de Trajectórias de Robots Redundantes Através de Matrizes Pseudoinversas Revista Robótica e Automatização, Portugal, n. 36, p. 12-15, 3º Trimestre, 1999.
- [DUARTE & TENREIRO, 2000] DUARTE, F. B. M.; TENREIRO MACHADO, J. A.. Motion Chaos in the Pseudoinverse Control of Redundant Robots. In: AMC'2000-IEEE 6th Int. Workshop on Advanced Motion Control, 2000, Nagoya, Japan. Proceedings of AMC'2000-IEEE 6th Int. Workshop on Advanced Motion Control, Nagoya, Japan, 2000. p. 624-629.
- [DUFFY, 1989] DUFFY, T. The fallacy of modern hybrid control theory that is based on 'orthogonal complements' of twist and wrench spaces. IEEE Trans. Robot. Automat., v. 5, n. 4, p. 151-165, 1989.
- [ERVELLA, 1995] ERVELLA, C. Controle Digital de Manipuladores Industriais. 1995. 97 f. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- [FISHER, 1992] FISHER D., MUJTABA M. S. Sufficient stability condition for hybrid position/force control. IEEE Int. Conf Robot. Automat, p. 133-134. May 1992.
- [GALHANO, CARVALHO, TENREIRO, 1990] GALHANO, A.M.S.F.; CARVALHO, J.L.M.; TENREIRO MACHADO, J.A.. The Statistical Study of Biomechanical Arms. In: ISIC'90-Fifth IEEE International Symposium on Intelligent Control, 1990, Philadelphia, USA. Proceedings of ISIC'90-Fifth IEEE International Symposium on Intelligent Control. Philadelphia, USA, 1990. p. 824-829.
- [GALHANO, CARVALHO, TENREIRO, 1991] GALHANO, A.M.S.F.; CARVALHO, J.L.M.; TENREIRO MACHADO, J.A.. On the Analysis of Muscle-Actuated Manipulators. In: ICAR'91-Fifth International Conference on Advanced Robotics, 1991, Pisa, Italia. Proceedings of ICAR'91-Fifth International Conference on Advanced Robotics, Pisa, Italia, 1991. p. 67-71.
- [GALHANO, CARVALHO, TENREIRO, 1992] GALHANO, A.M.S.F.; CARVALHO, J.L.M.; TENREIRO MACHADO, J.A.. Statistical Analysis of Muscle-Actuated Manipulators. In: ICRA'92-IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1992, Nice, França. Proceedings of ICRA'92-IEEE International Conference on Robotics and Automation, Nice, França, 1992. v. 4, p. 566-571.
- [GILBERTSON, 1994] GILBERTSON, R. G.. A Hans-on Guide to Amazing Robotic Muscles that Shorten When Elerically Powered: Muscle Wires.USA: Mondo-Tronics, 1994. 120 p.
- [GLATTLY, 1963] H.W. Glattly. A Preliminary Report on the Amputee Census. The Journal of Artificial Limbs, v. 7, p. 5-10, 1963.
- [GUYTON, 1988] GUYTON, A. C. Fisiologia Humana. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1988. 380 p.

- [JACOBSEN et all, 1986] JACOBSEN C., EVERSON E. K., KNUTTI E. F., JOHNSON T. T. AND BIGGERS K. B. Design of the Utah/MIT dextrous hand. IEEE Int. Conf. Robot. Automat. , p. 152-153, 1986.
- [JACOBSEN, 1991] JACOBSEN, T. K. Visualização e Geração de Trajetórias de Robôs a Partir da Utilização do Software WORKSPACE. Programa IAESTE (Brasil-Dinamarca), Brasil, 1991.
- [JAU, 1992] JAU. Man-equivalent telepresence through four-fingered human-like hand system. IEEE Int. Conf Robot. Automat., p. 843-848, 1992.
- [KAPANDJI I, 1987] KAPANDJI I.A. Fisiologia Articular Volume I. São Paulo: Editora Manole LTDA, 1987. 292 p.
- [KAPANDJI II, 1987] KAPANDJI I.A. Fisiologia Articular Volume II. São Paulo: Editora Manole LTDA, 1987. 340 p.
- [KAPANDJI III, 1987] KAPANDJI I.A. Fisiologia Articular Volume III. São Paulo: Editora Manole LTDA, 1987. 324 p.
- [KOBAYASHI, 1985] KOBAYASHI. Control and geometrical considerations for an articulated robot hand, Int. J. Robot. Res., v. 4, n 1, p. 3-12, 1985.
- [KOREC] Korea Orthopedics & Rehabilitation Engineering Center Disponível em: <<http://www.korec.re.kr>> acesso em 10 mai. 2000.
- [KYRIAKOPOULOS et all, 1995] KYRIAKOPOULOS, VANRIPER, J., ZINK A., STEPHANOU H. E. Kinematic analysis and position/force control of the anthropot dexterous hand. Center for Advanced Technology Tech. Rep. TR-95-OZ, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY, 1995.

- [LI et al, 1989] LI, P. H., SASTRY, S., Grasping and coordinated manipulation by a multifingered robot hand. Int. J. Robot. Res., v. 8, n. 4, p. 33-50, 1989.
- [LIBERTY, 2000] LIBERTY MUTUAL TM. Disponível em:
< <http://www.libertymutual.com> > acesso em 9 jul. 2000.
- [MCCLAMROCH & WANG, 1988] MCCLAMROCH AND D. WANG, Feedback stabilization and Gacking of constraint robots. IEEE Trans. Automat. Contr., v. AC-33, n. 5, p. 419-426, 1988.
- [MIRANDA, 1992] MIRANDA, M.F. Controle de um Servomecanismo por um Microcomputador Dedicado: Uma Contribuição ao Estudo de Controladores para Robôs Industriais, 1992. 141 f. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [NAKEMURE & YOSHIKEWE, 1989] NAKEMURE, K.N., YOSHIKEWE, T. Dynamics and stability in coordination of multiple robotic mechanisms. Int. J. Robot. Res., vol. 8, n. 2, p. 44-61, 1989.
- [NOGUEIRA, 1995] NOGUEIRA, R. Controle de Posição e Orientação de um Manipulador através de um Mouse Espacial, 1995. 120 f. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica– Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [OAKDA, 1979] OAKDA. Object-handling system for manual industry. IEEE Trans. Syst., Man. Cybern., vol. SMC-9, n. 2, p. 79-89, 1979.
- [OTTOBOCKUS, 2000] Manufacturers of myoelectric, passive, and body-powered components. Disponível em: <<http://www.ottobockus.com>> acesso em 10 mai. 2000.
- [PAUL, 1981] PAUL, P. Robot Manipulators: Mathematics, Programming and Control. The Mit Press, 1981. 324 p.

- [PHILIP, 1977] PHILIP J.R. Cinesiologia e Anatomia Aplicada: Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan S.A., 1977. 564p.
- [PIRES & TENREIRO, 1999] E. J. SOLTEIRO PIRES, J. A. TENREIRO MACHADO. Geração de Trajectórias para Manipuladores Redundantes Utilizando Algoritmos Genéticos. Revista Robótica e Automatização, Portugal, n. 35, p. 12-16, 2º Trimestre, 1999.
- [RAIBERT & CRAIG, 1981] RAIBERT, H., CRAIG J. J. Hybrid, position/force control of manipulators. Trans. ASME, v. 102, p. 126-133, June 1981.
- [ROSÁRIO. 1990] ROSÁRIO, J.M. Etude de Faisabilité d' une Commande de Type Non-Lineaire pour un Robot Manipulateurs. 1990.248 f. PHD Thesis - Ecole Centrale des Arts et Manufactures, Paris, France.
- [SÁ, 1996] SÁ, C.E. Implementação de métodos numéricos para a resolução do problema cinemático inverso de manipuladores robóticos com ênfase em controle de posição. 1996. 109 f. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- [SÁ & ROSÁRIO, 1996] SÁ, C.E.; ROSÁRIO, J.M. Implementation of Numerical Algorithms for the Resolution of the kinematic Inverse Problem of Robots Manipulators. In: ICONE'96 Second International Conference on Non-Linear Dynamics, Chaos, Control and their Applications in Engineering Sciences, 1996, São Pedro-S.P. Proceedings of Second International Conference on Non-Linear Dynamics, Chaos, Control and their Applications in Engineering Sciences, 1996. p.246-252.
- [SILVA & TENREIRO, 1996] SILVA, F. M.; TENREIRO MACHADO, J.A.. Research Issues in Natural and Artificial Biped Locomotion Systems. In: Controlo'96-2º Encontro Português de Controlo Automático, 1996, Porto, Portugal. Proceedings of Controlo'96-2º Encontro Português de Controlo Automático, Porto, Portugal, 1996. p. 219-224.

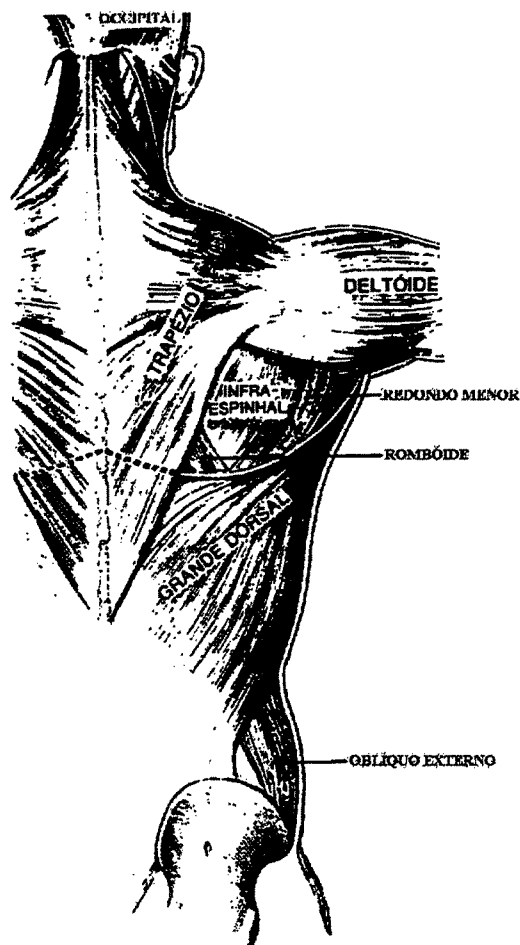
- [SILVA & TENREIRO, 1998] SILVA, F.M; TENREIRO MACHADO, J.A.. Dynamic Phenomena During Biped Walking. In: INES'98-9th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, 1998, Viena, Áustria. Proceedings of INES'98-9th IEEE International Conference on Intelligent Engineering Systems, Viena, Áustria, 1998. p. 31-36.
- [SILVA & TENREIRO, 1999] SILVA, F. M.; TENREIRO MACHADO, J.A.. Energy Analysis During Biped Walking. In: ICRA'99-1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1999, Detroit, Michigan, USA. Proceedings of ICRA'99-1999 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Detroit, Michigan, USA, 1999. p. 59-64.
- [SILVA & TENREIRO, 2000] SILVA, F. M.; TENREIRO MACHADO, J.A.. Controllability Analysis of Biped Walking Robots. In: AMC'2000-IEEE 6th Int. Workshop on Advanced Motion Control, Nagoya, Japan, 2000. Proceedings of AMC'2000-IEEE 6th Int. Workshop on Advanced Motion Control, , Nagoya, Japan, , 2000. p. 595-600.
- [SPEETER, 1992] SPEETER. Transforming human hand motion for telemanipulation. Presences: teleoperators and Virtual Environments, v. 1. n. 1, p. 63-79, 1992.
- [TENREIRO, 1993] TENREIRO MACHADO, J.A. Manipuladores Robóticos: Aspectos Biomecânicos, Modelos e Actuadores. In: 4^{as} JORNAS NACIONAIS DE PROJECTO, PLANEJAMENTO E PRODUÇÃO ASSISTIDOS POR COMPUTADOR, 17 a 19 de maio de 1993, Porto, p 337-344.
- [TENREIRO, 1993] TENREIRO MACHADO, J.A.. Variable Structure Control of Manipulators with Compliant Joints. In: ISIE'93-IEEE International Symposium on Industrial Electronics, 1993, Budapeste, Hungria. Proceedings of ISIE'93-IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Budapeste, Hungria, 1993. p. 554-559.

- [TENREIRO & GALHANO, 1993] TENREIRO MACHADO, J.A.; GALHANO, A. M. S. F.. Manipuladores robóticos: aspectos biomecânicos, modelos e actuadores. In: 4^{as} Jornadas Nacionais de Projecto, Planejamento e Produção Assistidos por Computador PPP/AC, promovida pela Ordem dos Engenheiros na Fundação Calouste Gulbenkian, 1993, Lisboa, Portugal. Anais das 4^{as} Jornadas Nacionais de Projecto, Planejamento e Produção Assistidos por Computador PPP/AC, Lisboa, Portugal, 1993. p. II-179-184, 17-19.
- [TOMOVIC, 1962] TOMOVIC, BONI G. An adaptive artificial hand. RE Trans. Automat. Contr., v. AC-7, n. 3, p. 3-10, 1962.
- [UTAH] Motion Control, Inc., 2401 South 1070 West, Suite B, Salt Lake City, Utah, 84119-1555, USA. Disponível em:< <http://www.utaharm.com> >. acesso em 10 mai. 2000.
- [VANRIPER, 1992] VANRIPER. The kinematics for an anthropomorphic robot hand. 1992.235 f. M.S. thesis, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY.

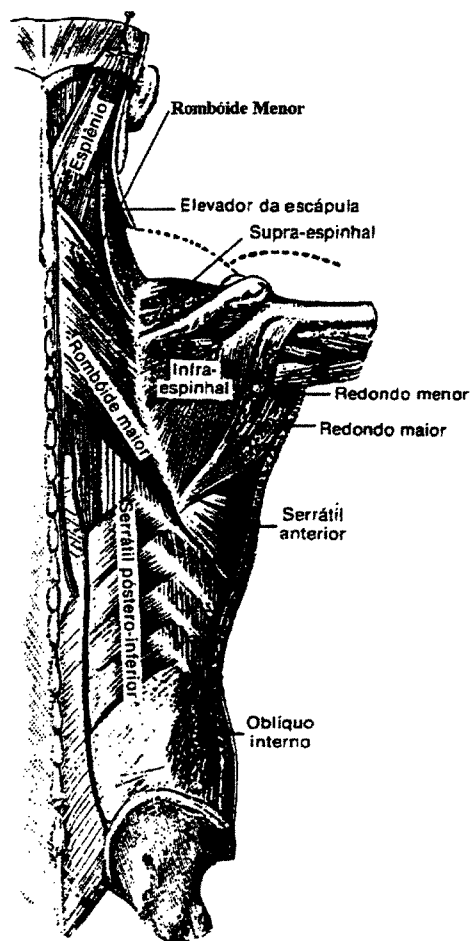
Anexo I

Aspectos anatômicos e fisiológicos do sistema muscular e nervoso

Parte 1: Anatomia do Sistema Muscular dos Membros Superiores



(a) Músculos superficiais



(b) Músculos da Segunda camada

Figura A 1.1 – Músculos das costas e do dorso do ombro

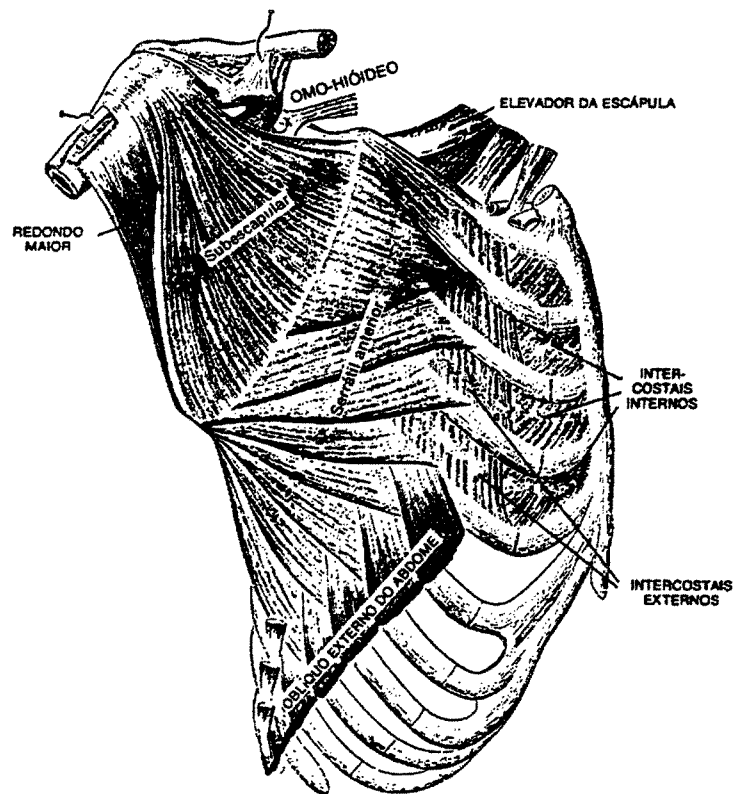


Figura A 1.2 – Posição de exposição do serrátil anterior, subescapular e redondo maior.

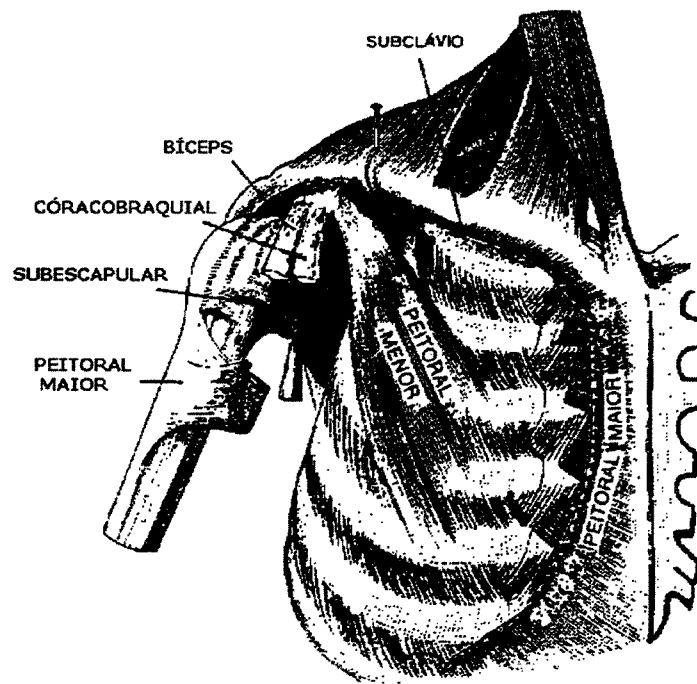


Figura A 1.3 – Posição de exposição do peitoral menor e o subclávio.

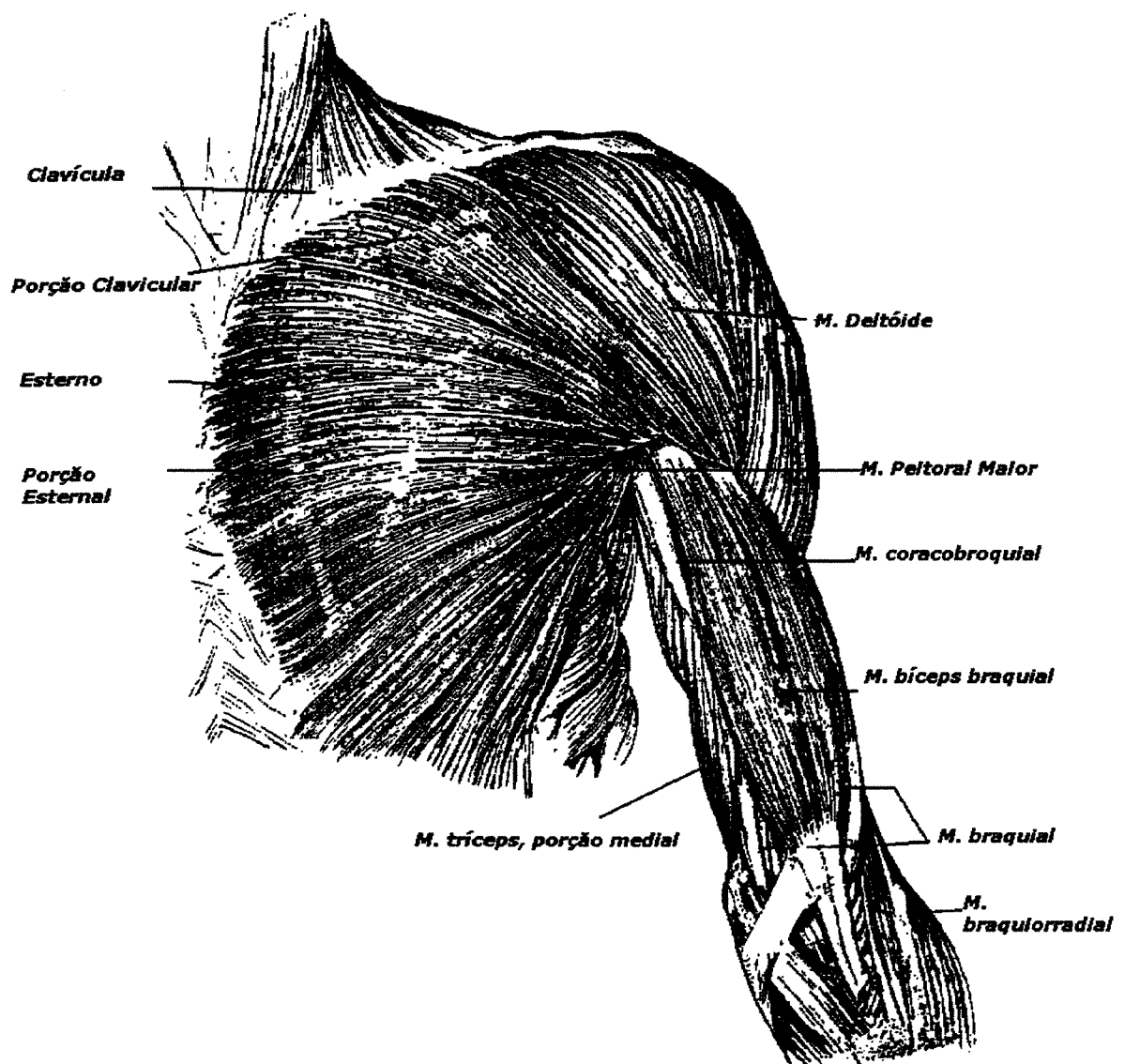


Figura A 1.4 – Músculos superficiais do tórax e da parte anterior do braço.

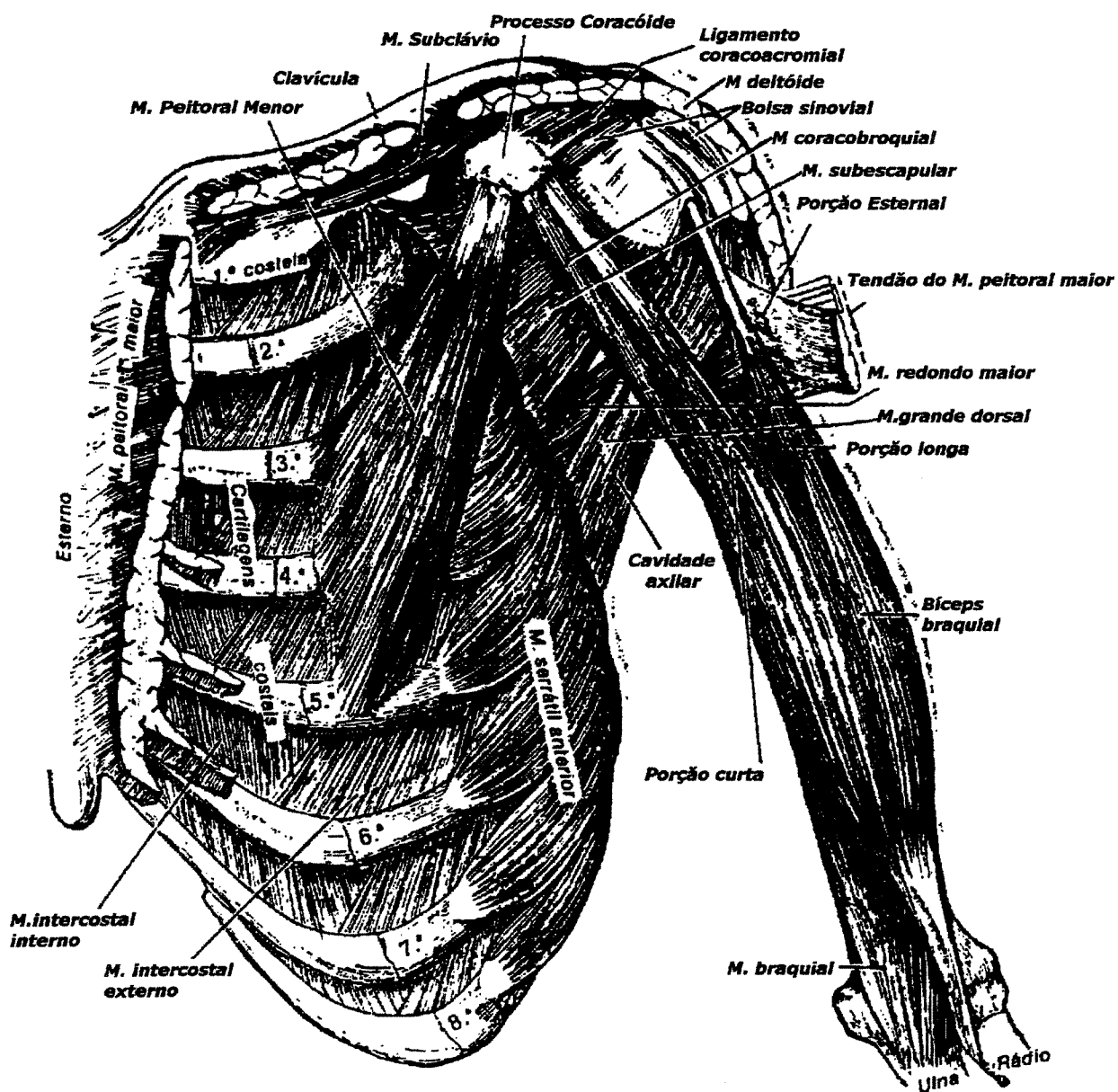
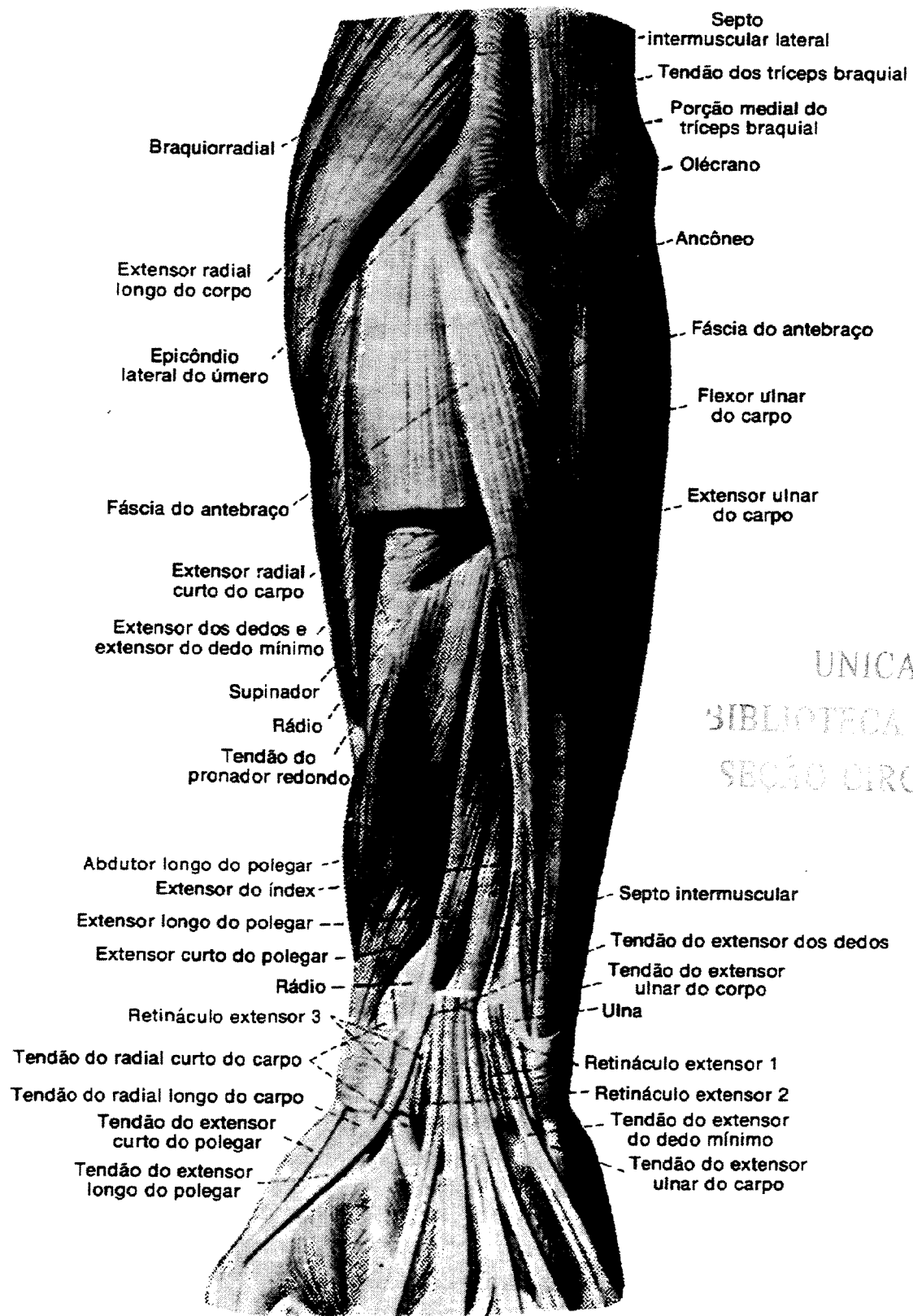


Figura A 1.5 - Músculos profundos do tórax e da parte anterior do braço.



UNICAMP
 BIBLIOTECA CENTR
 SEÇÃO CIRCULANT

Figura A.1.6 – Face posterior do antebraço esquerdo

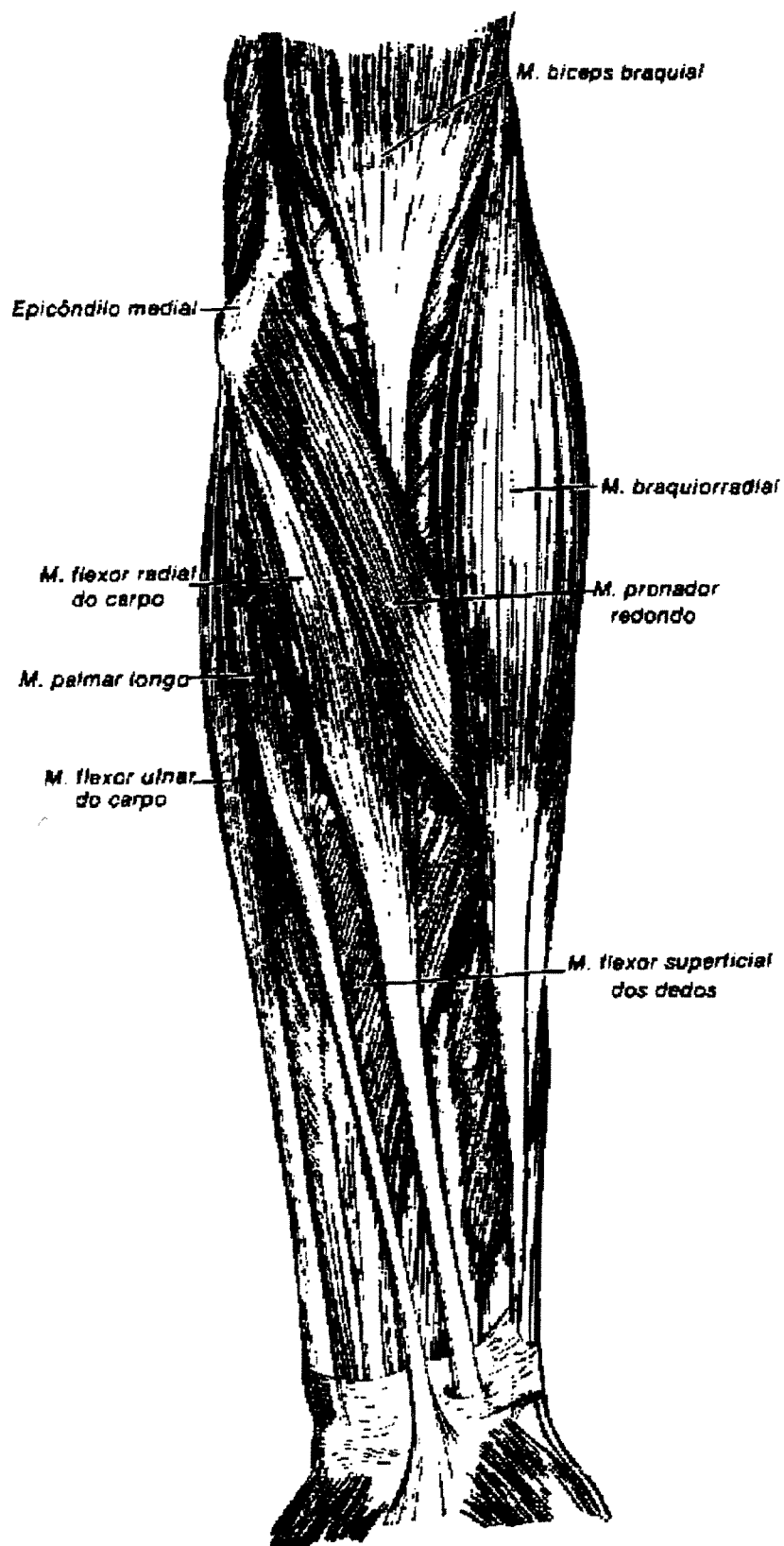


Figura A.1.7 – Músculos superficiais do antebraço esquerdo

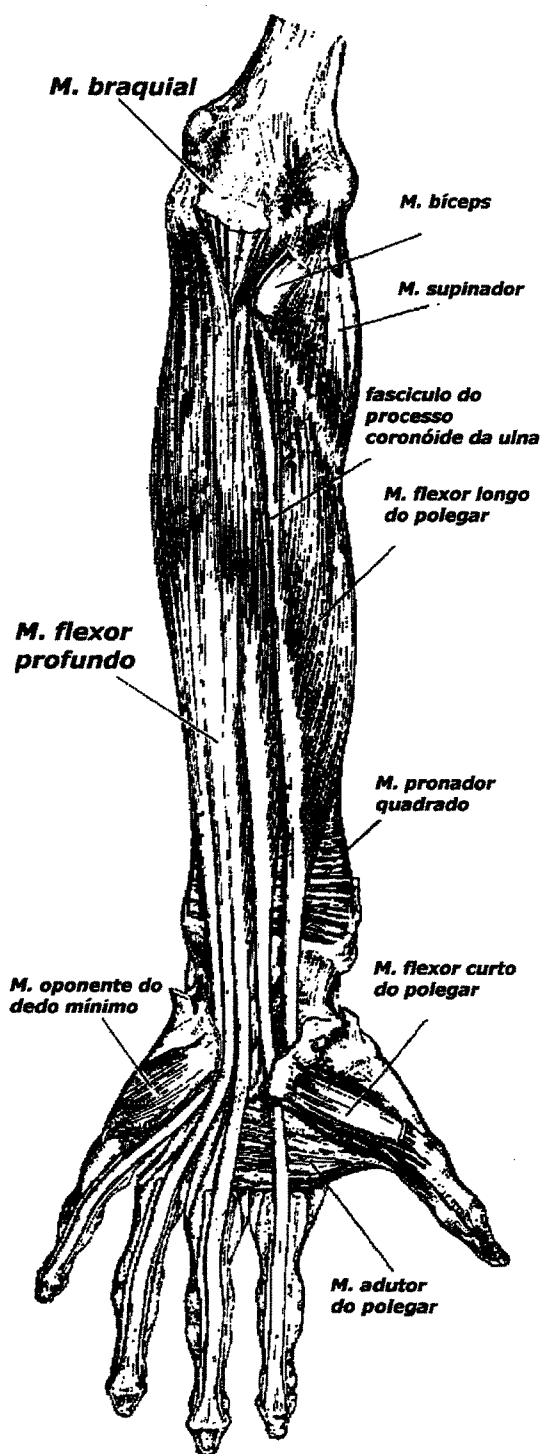


Figura A.1.8 – Músculos anteriores profundos do antebraço esquerdo.

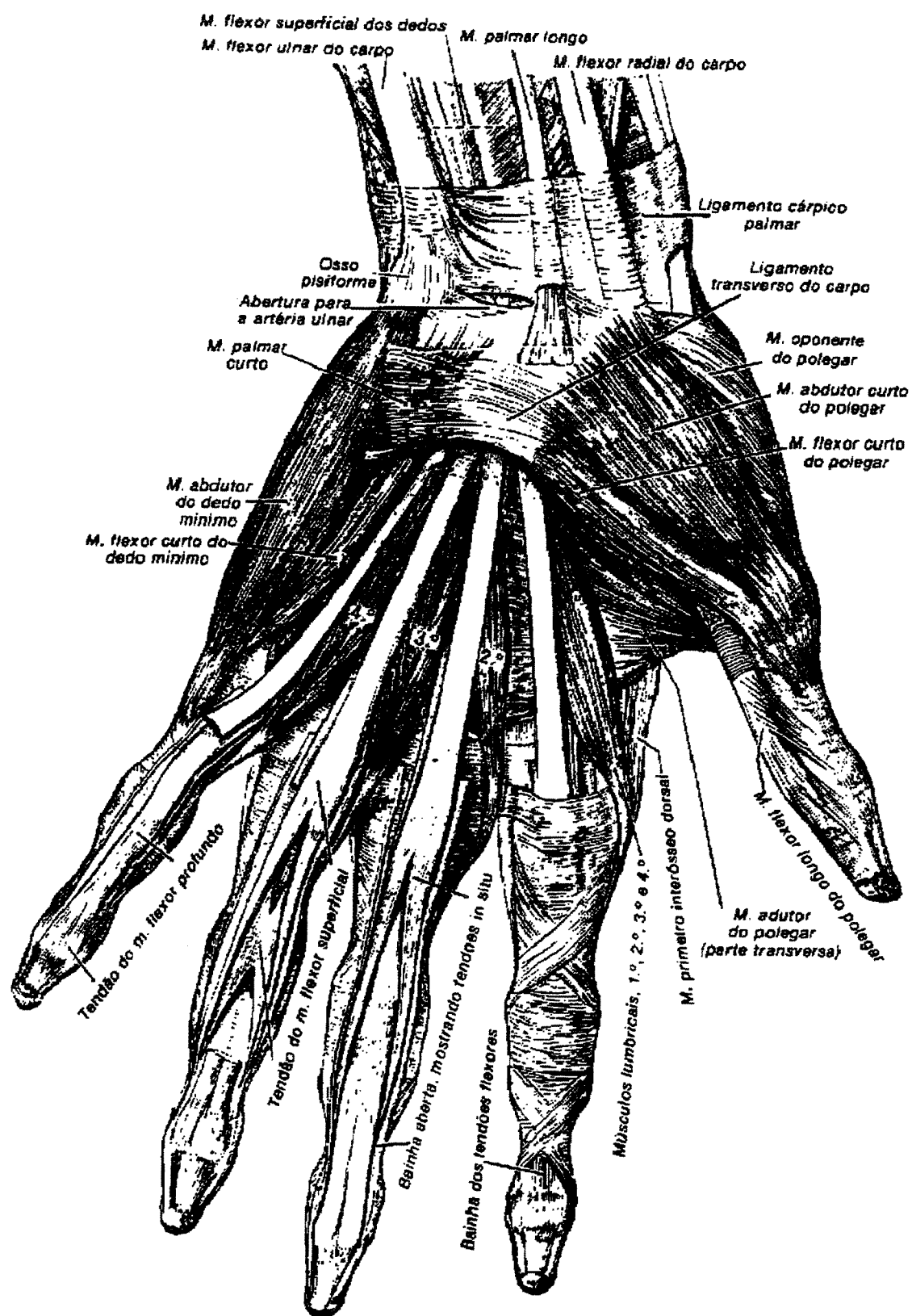
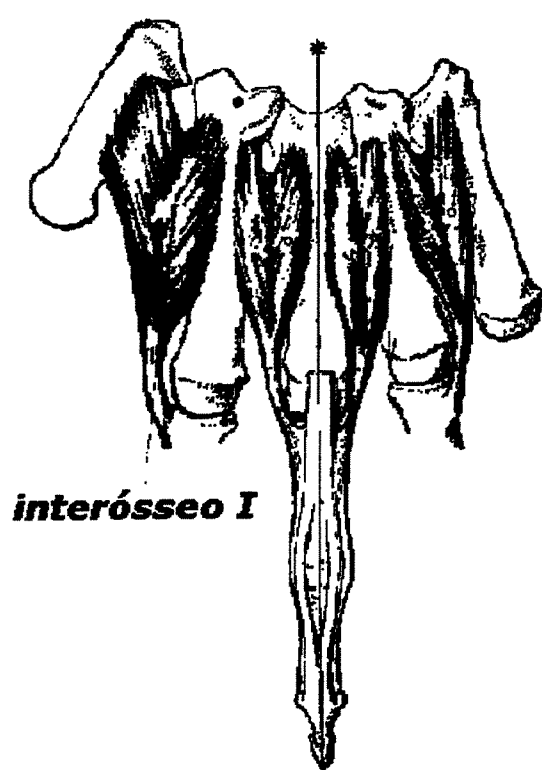
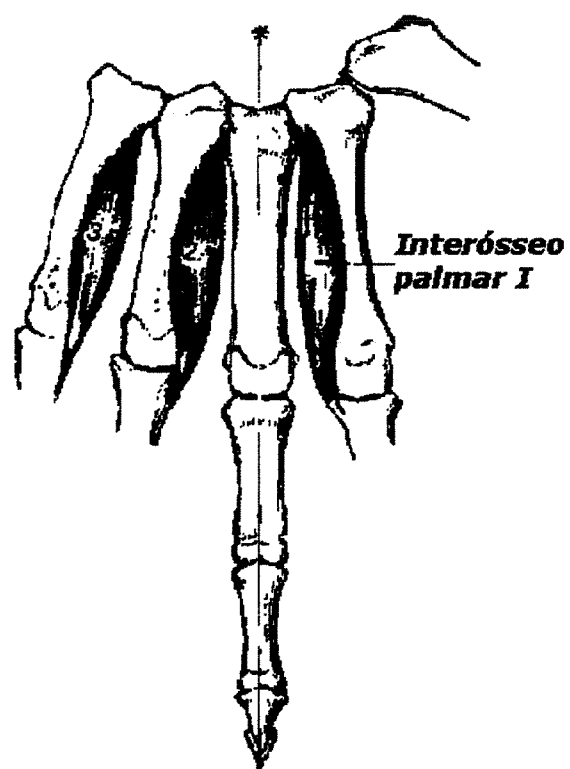


Figura A.1.9 – Músculos da mão esquerda. Superfície palmar.



(a) Interósseos dorsais



(b) Interósseos Palmares

Figura A.1.10 - Músculos interósseos da mão esquerda

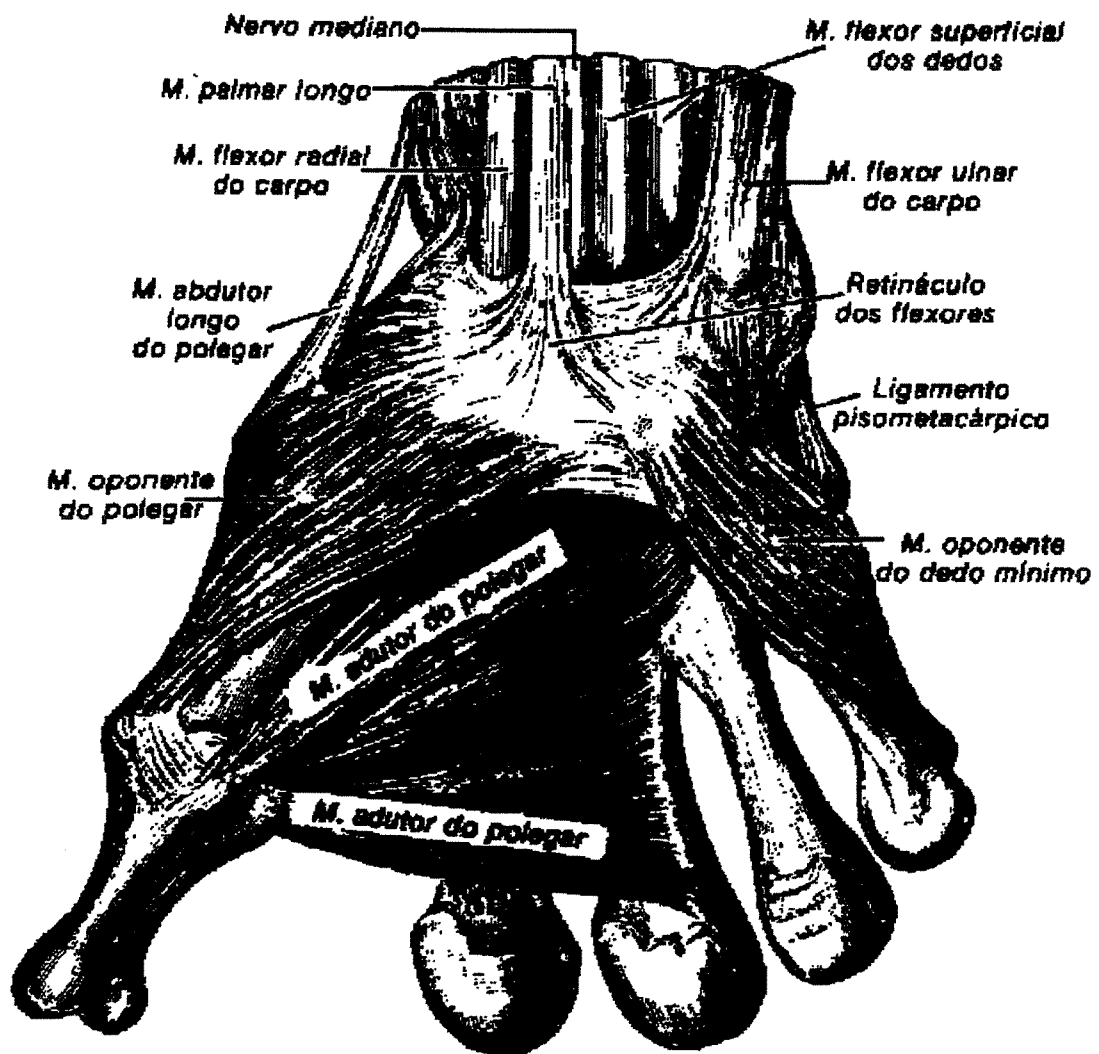


Fig. A.1.11 - Músculos do polegar

Parte 2: Anatomia do Sistema Muscular dos Membros Inferiores

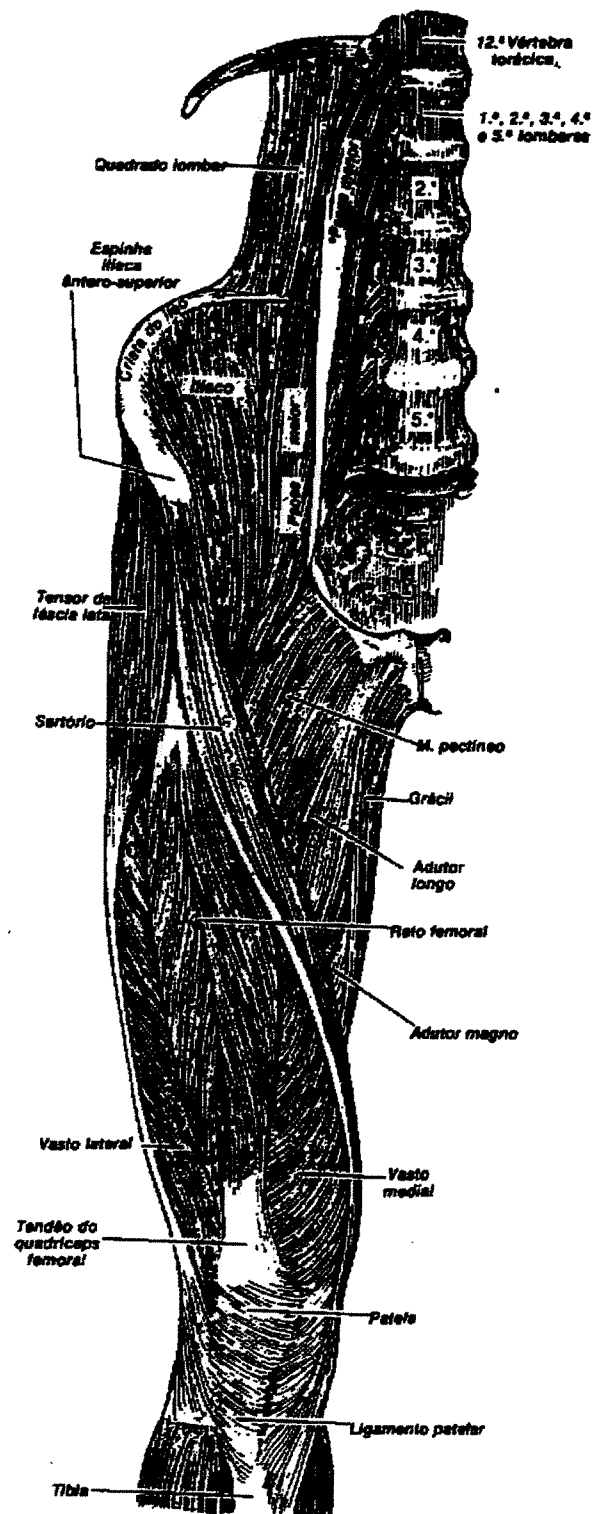


Fig. A. 1.12 – Músculos da região ilíaca e femoral anterior

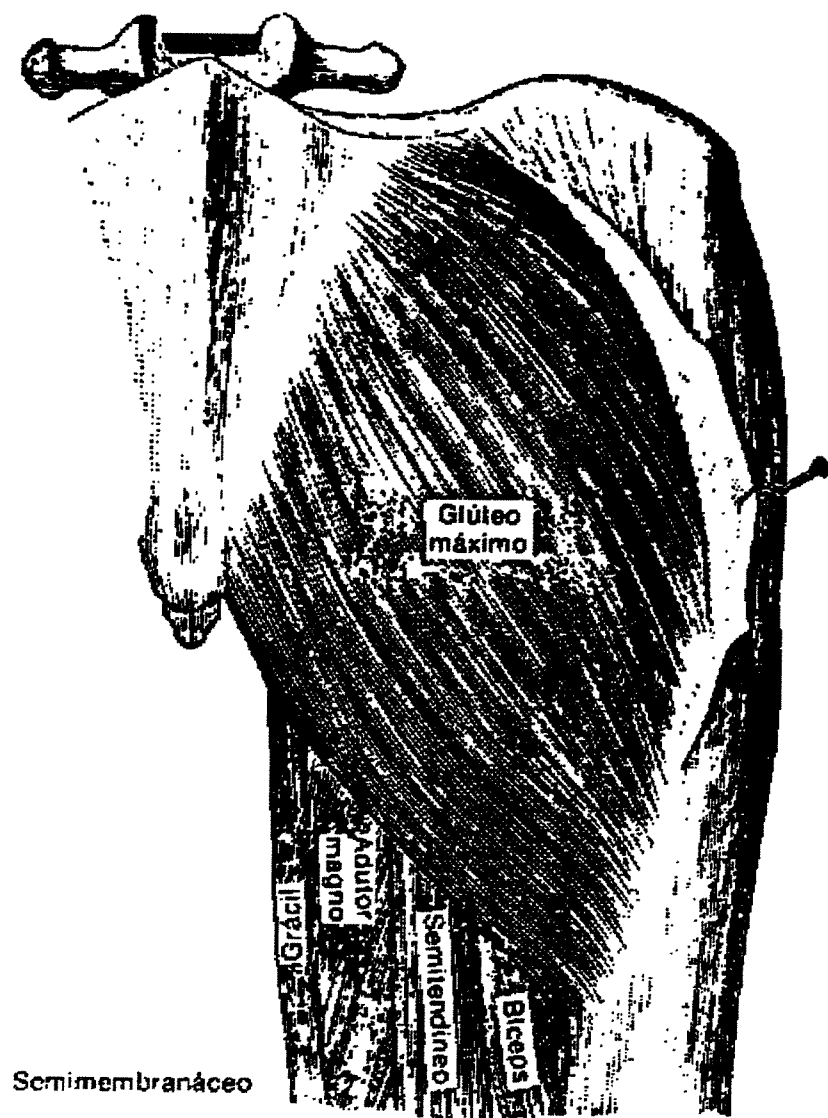


Fig. A.1.13 – Glúteo máximo do lado direito

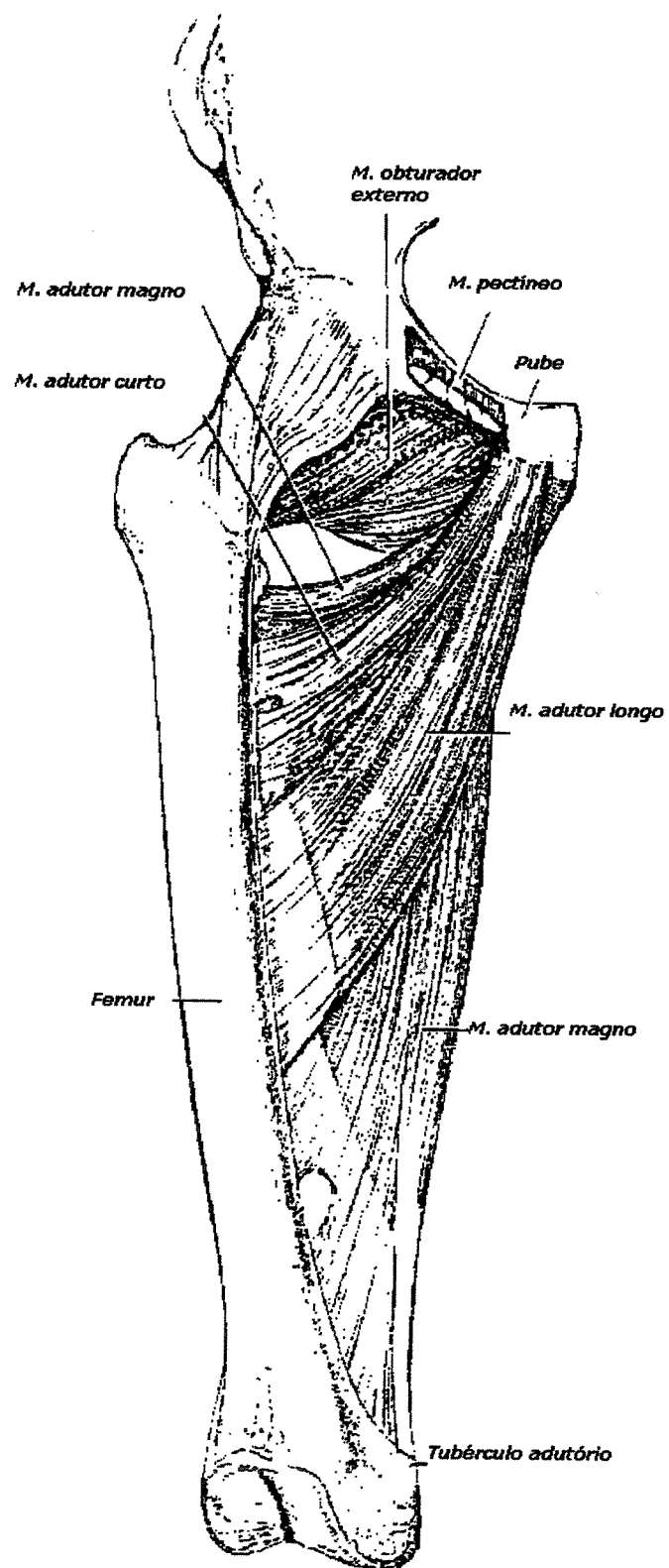


Figura A.1.15 – Músculos profundos da região femoral medial

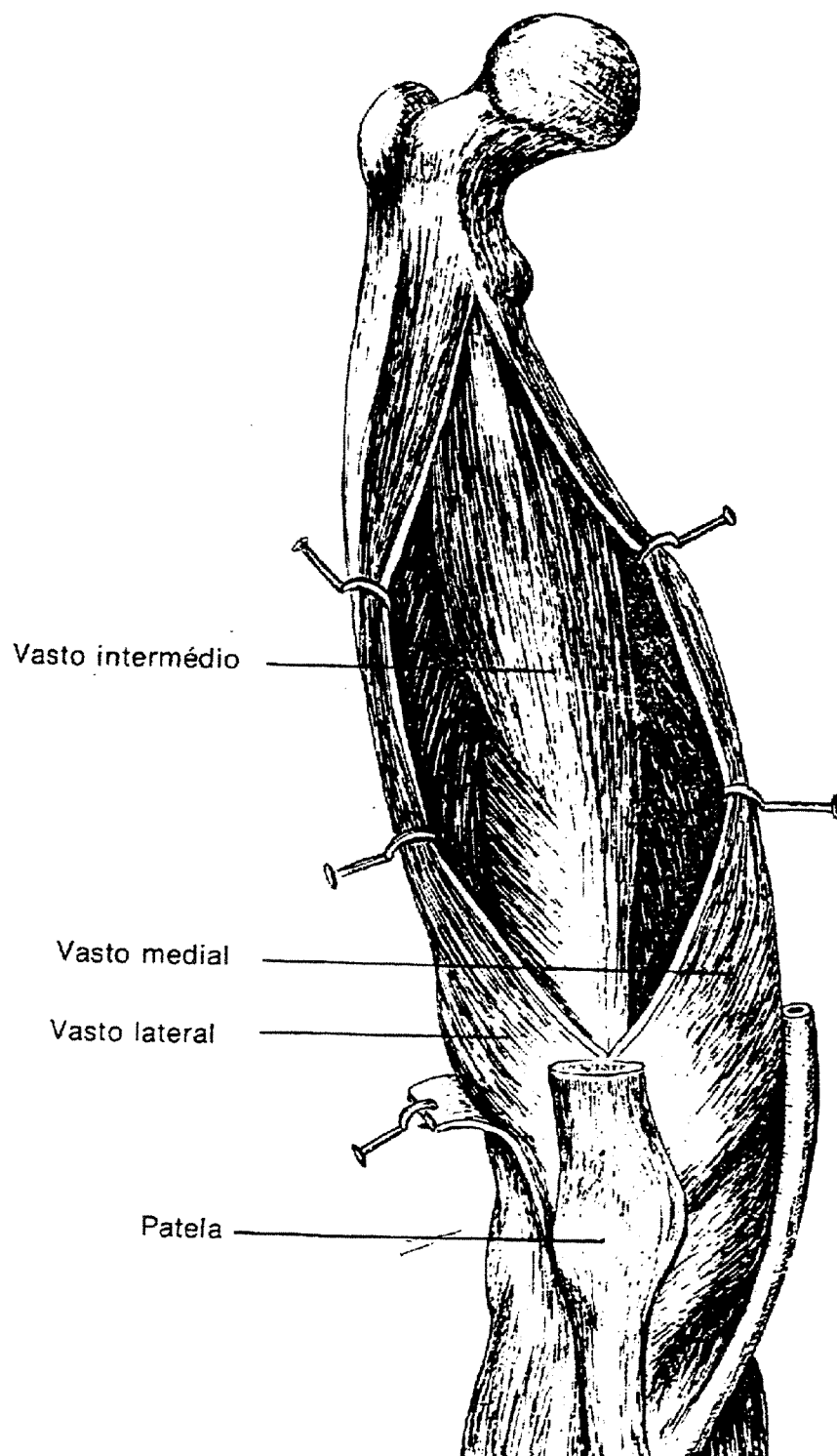


Figura A 1.16 – Os três músculos vastos

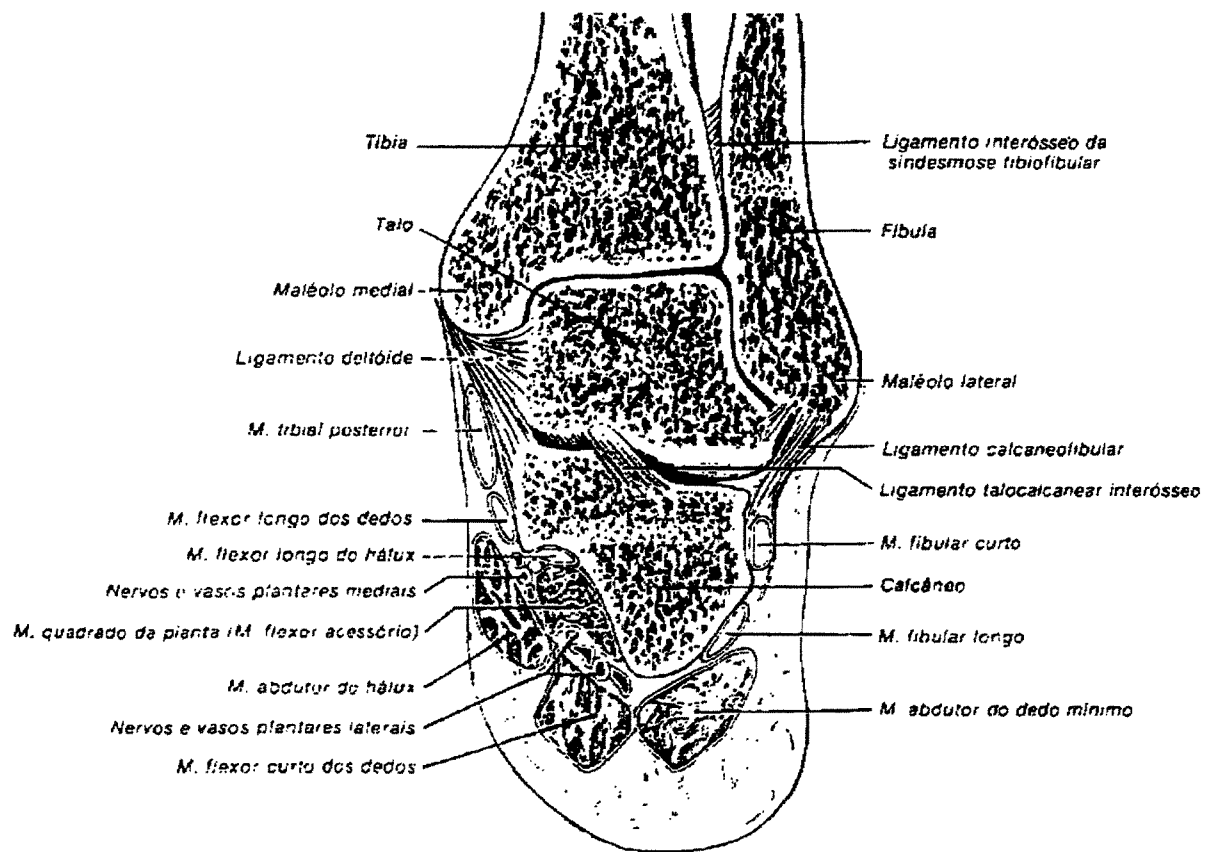


Figura A 1.17 – Seção coronal das articulações talocrural e talocalcânea

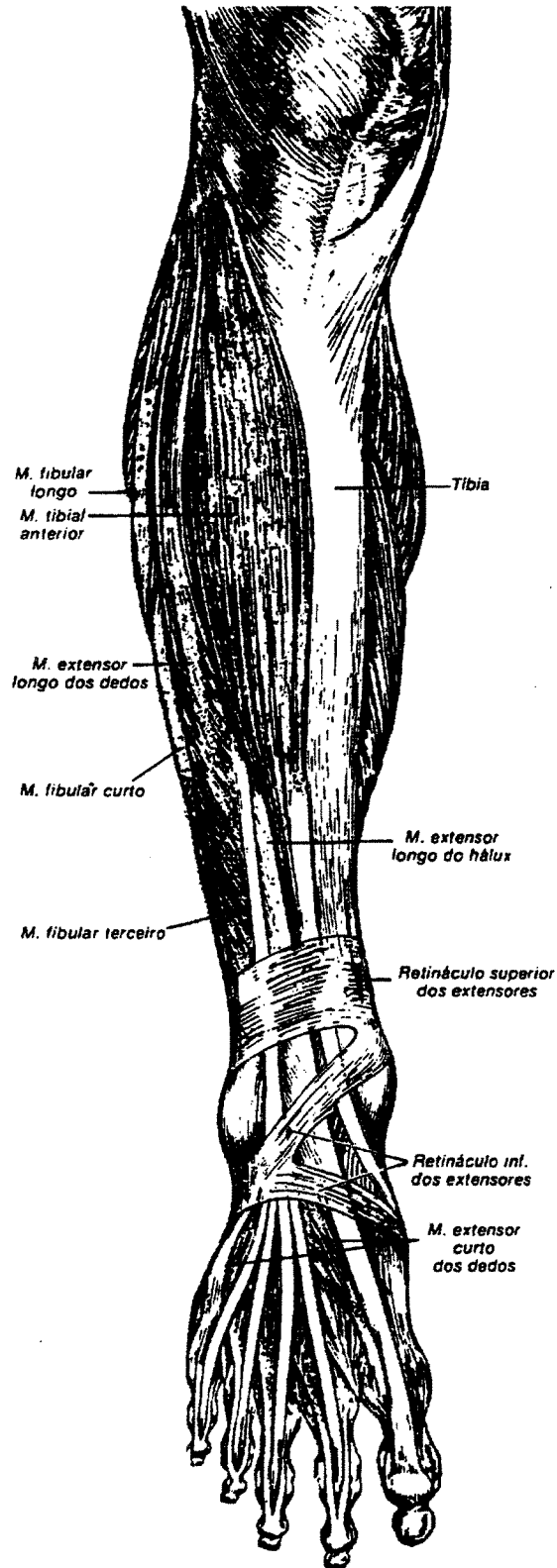


figura A 1.18 – Músculos da face anterior da perna direita

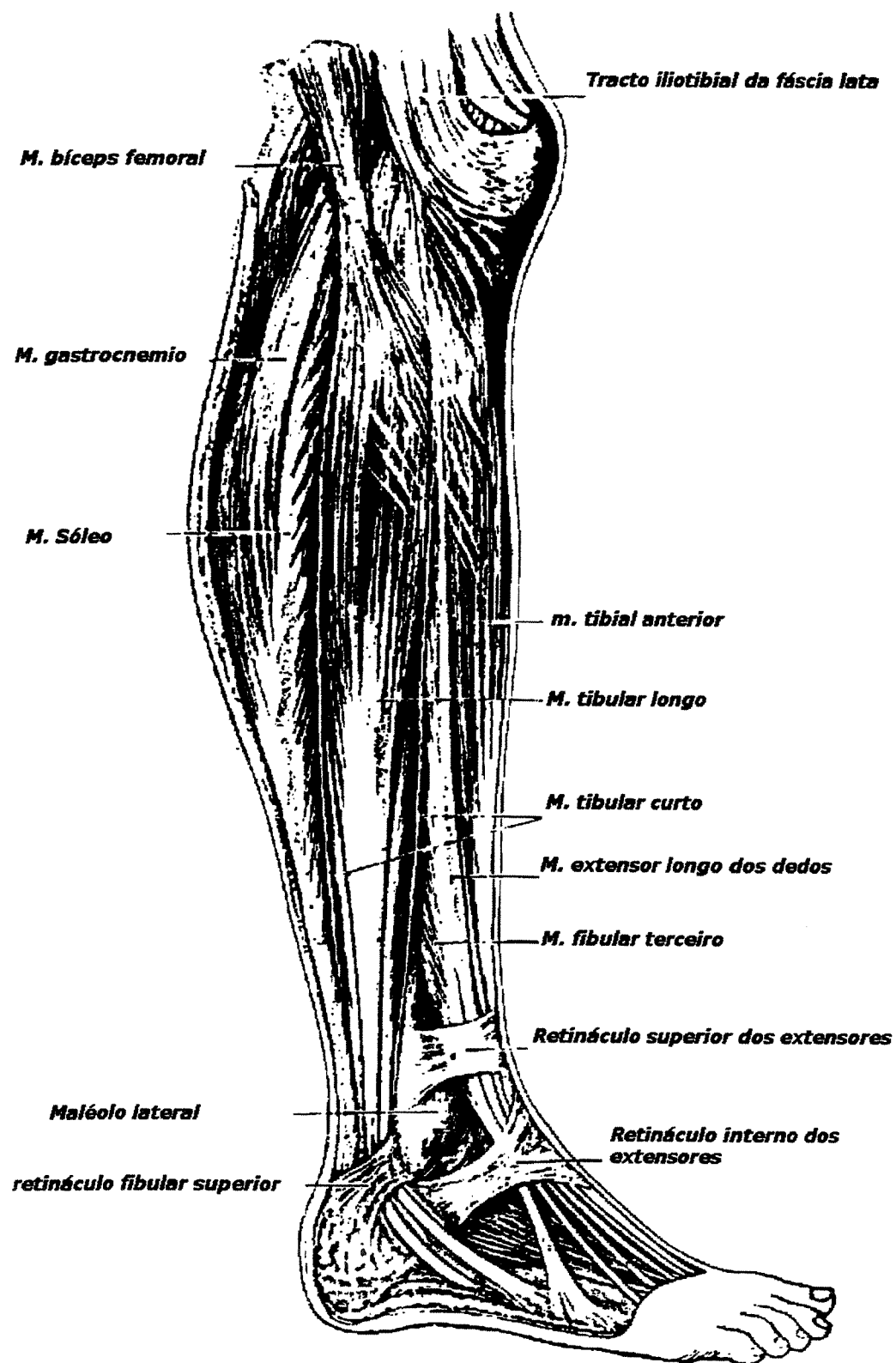


figura A 1.19 – Músculos crurais direitos laterais

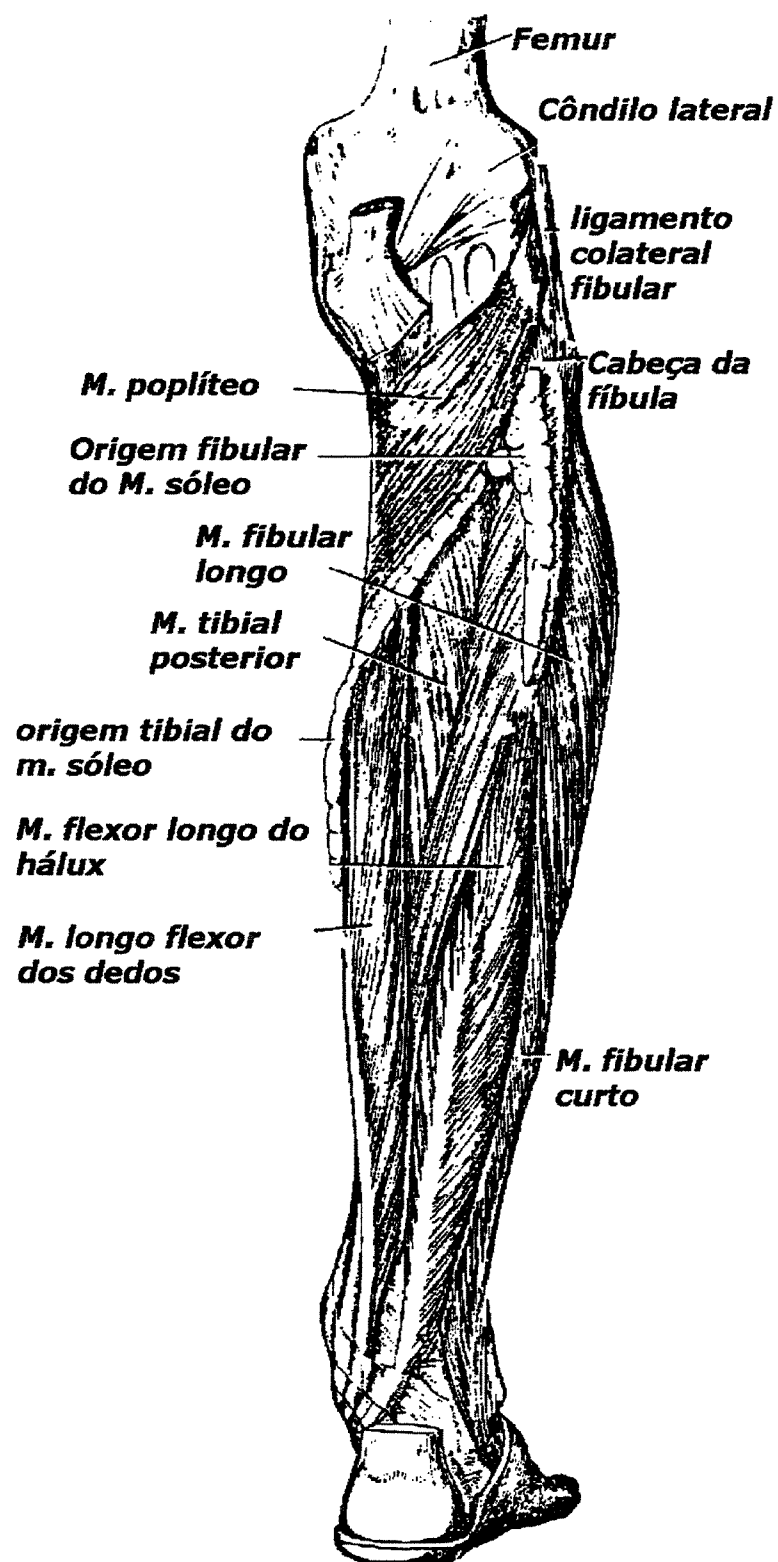


figura A 1.20 – Músculos da face posterior da perna – camada profunda

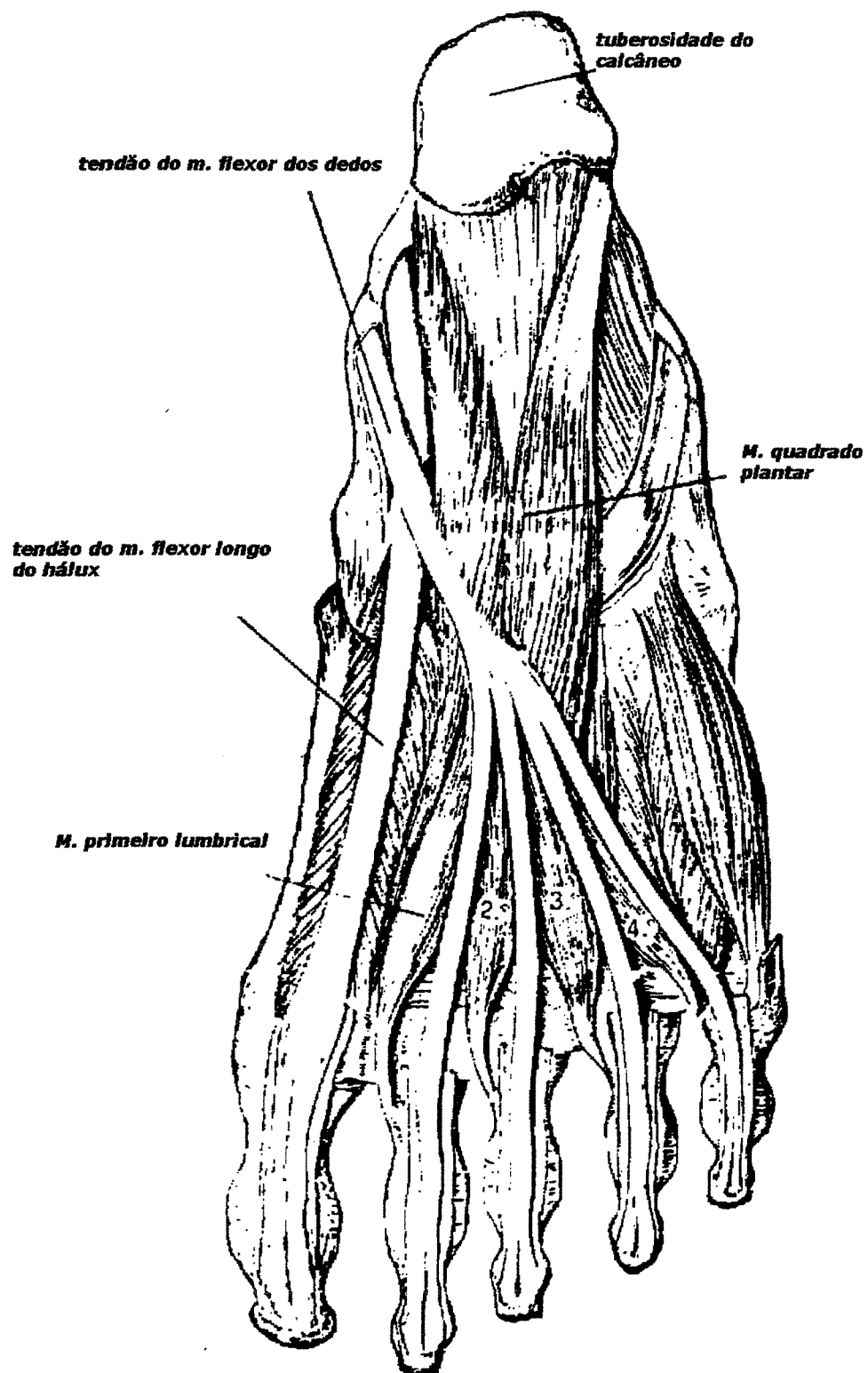


figura A 1.21 – Músculos da planta do pé. Primeira camada

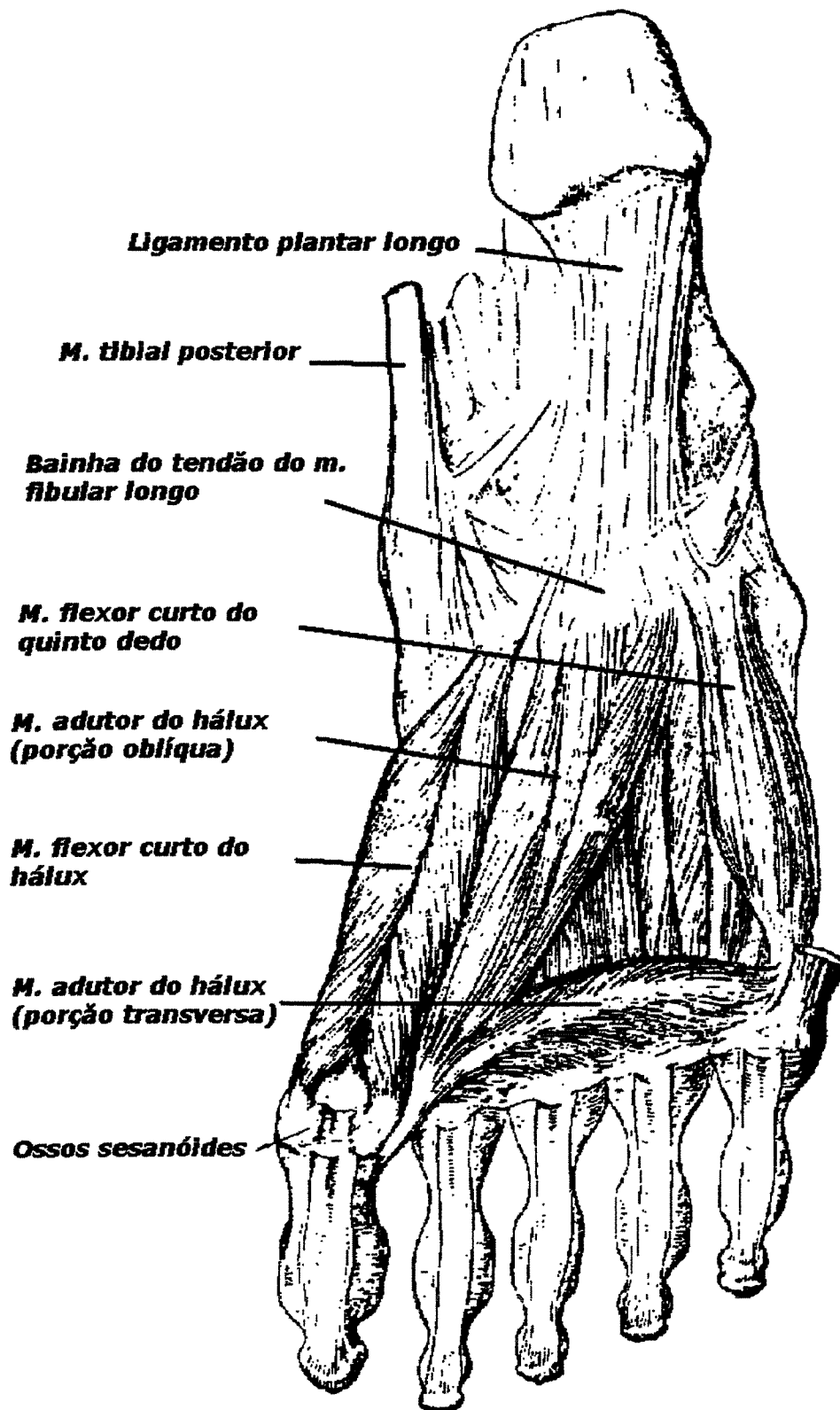


figura A 1.22 – Músculos da planta do pé. Segunda camada

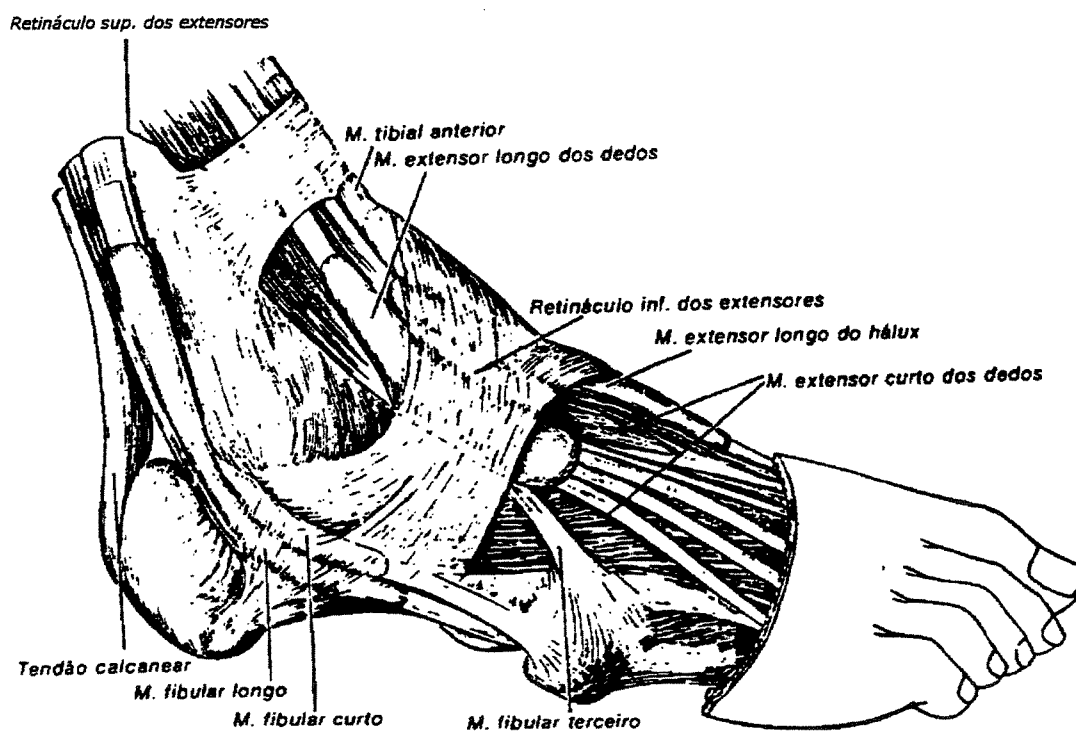


figura A 1.23 – Facel lateral do pé direito

Parte 2: Estudo da Neuroanatomia humana - O Sistema Nervoso

O Sistema Nervoso é o sistema que sente, que pensa e que controla em nosso organismo. Para realizar estas funções, ele reúne as informações sensoriais vindas de todas as partes do corpo oriundas de miríades de terminações neuronais sensoriais especializadas da pele, dos tecidos profundos e dos olhos, dos ouvidos, do aparelho de equilíbrio e de outros sensores e as transmite pelos nervos, pela medula espinhal e para o encéfalo. Ele permite os processos funcionais do corpo humano sendo o responsável pela coordenação das atividades corporais, assegurando a harmonia do funcionamento de todas suas partes. Para isso, monitora todo o tempo as alterações que ocorrem no corpo e no ambiente externo. As informações são captadas e processadas pelos Neurônios. Neurônios Sensoriais levam dados sobre as mudanças a Neurônios de Associação, no Sistema Nervoso Central. De lá, através dos Neurônios Motores, as instruções correspondentes às Informações processadas chegam nos músculos que movem o corpo figura A1. 1.

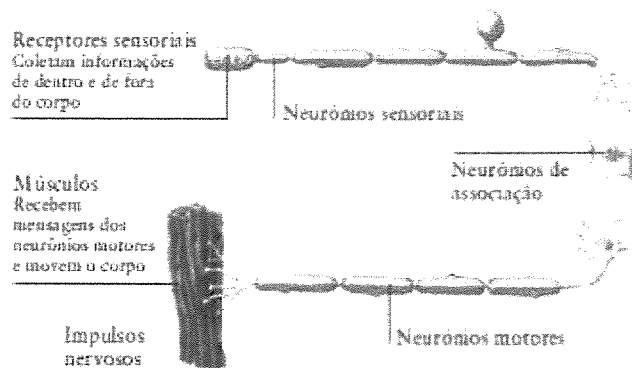


Figura A 1.1 – Esquema básico do acionamento Nervoso

A Medula Espinhal e o Encéfalo podem reagir, de forma imediata a essa informação sensorial, enviando sinais para os músculos e para os órgãos internos do corpo, produzindo resposta, a resposta motora. Ou, em outras condições, pode não ocorrer nenhuma resposta imediata; pelo contrário, a informação sensorial é guardada em um grande banco de memórias do encéfalo. Aí, ela é comparada com outras informações; e a partir das diversas combinações, novos pensamentos são elaborados. E então, alguns minutos depois, ou só decorridos alguns meses e, até mesmo, alguns anos, é que esse extenso processamento de

informação poderá causar alguma resposta motora, talvez uma resposta bem simples, ou quem sabe, uma bastante complexa.

Contudo, para a perfeita compreensão destas funções, é necessária, em primeiro lugar, a revisão dos dados anatômicos principais do Sistema Nervoso.

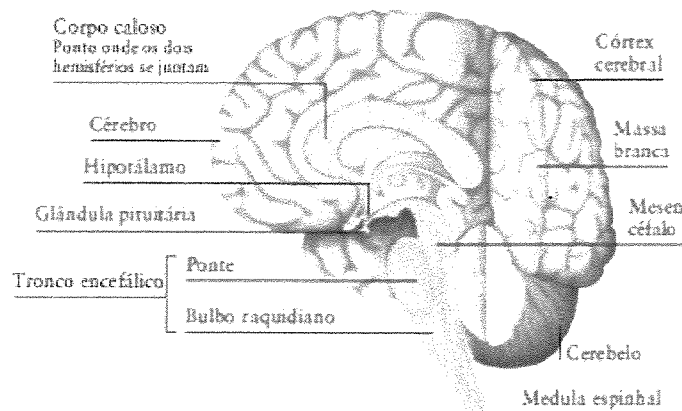
Estudo Anatômico do Encéfalo e suas Divisões

Localizada na caixa craniana, o Encéfalo é a parte mais complexa do Sistema Nervoso abrigando o centro de controle do corpo. Ele é a principal área integradora nervosa, ou seja, é o local onde são armazenadas as memórias, onde são elaborados os pensamentos, onde são geradas as emoções e onde outras funções relacionadas ao nosso psiquismo e ao complexo controle de nosso corpo, são executados. Sua comunicação com o corpo é feita pela medula espinhal, que se prolonga da base do cérebro (figura 2(a)).

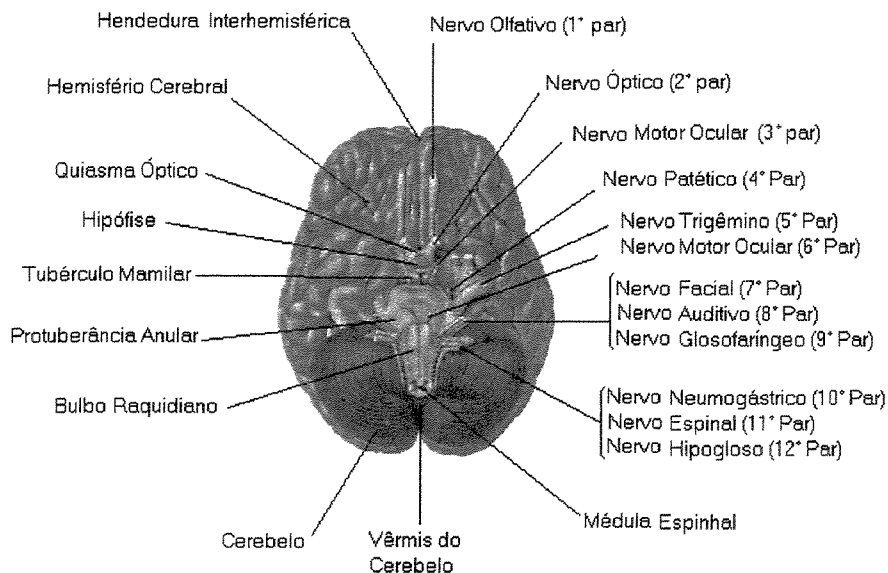
Na base do cérebro existem doze pares de nervos que o ligam com a cabeça e o pescoço, entre os quais, por exemplo, os ópticos permitem a visão (figura 2(b)).

No Encéfalo há cerca de cem bilhões de células nervosas no córtex cerebral e na massa branca. Cada uma se comunica com cerca de mil a dez mil outras de todo o corpo. As milhões de mensagens que passam pelo encéfalo a cada segundo permitem ao ser humano pensar, sentir, mover-se e controlar todos os processos orgânicos.

O Encéfalo compreende três regiões constituídas pelo **Cérebro** que controla os pensamentos, pelo **Cerebelo**, que coordena os movimentos e pelo **Tronco Encefálico**, que controla funções vitais como a respiração e a pulsação cardíaca.



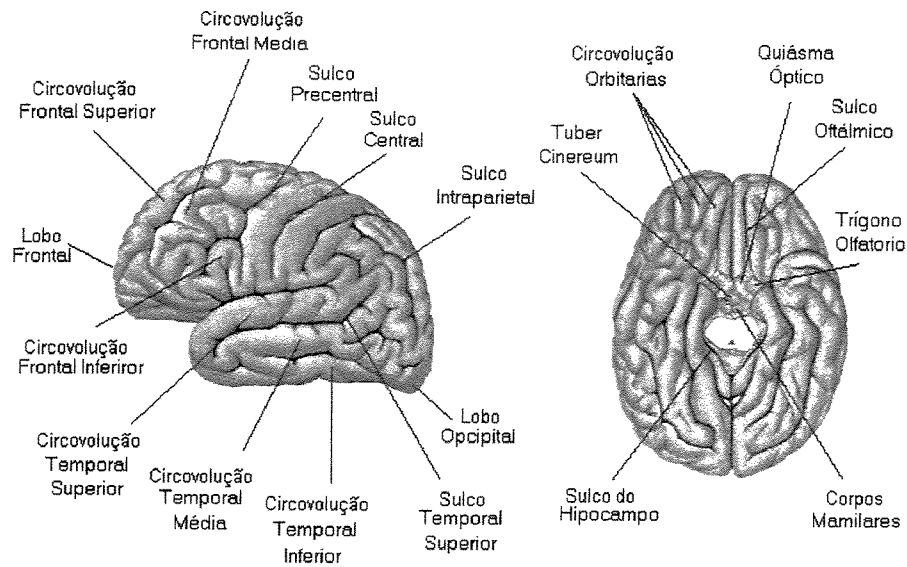
- (a) Para uma melhor descrição, o encéfalo é, em geral, dividido em 6 partes que são o cérebro, o diencéfalo, o mesencéfalo, o cerebelo, a ponte (ou protuberância) e o Bulbo raquidiano, chamado comumente, de “bulbo”



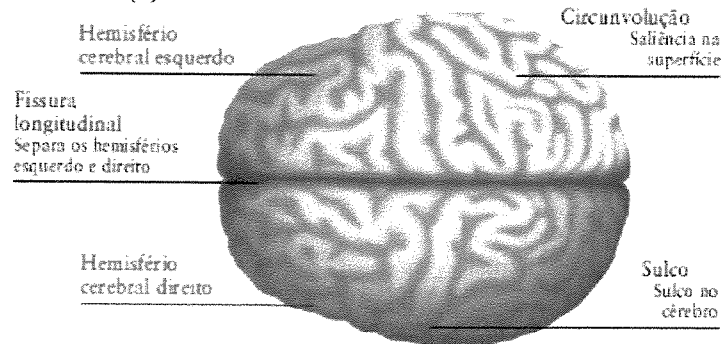
- (b) Vista da parte inferior do Encéfalo, detalhando a nervatura e o tronco Encefálico.

Figura A 1.2 - Anatomia do cérebro humano I

O cérebro é a maior parte das estruturas que compõe o Encéfalo. Visto pelo alto (figura A1.2), ele mostra um profundo sulco, a fissura longitudinal. Ela divide o órgão em duas metades conhecidas como hemisférios esquerdo e direito. O Hemisfério direito controla o lado esquerdo do corpo e o Hemisfério Esquerdo controla o lado direito.



(a) Vista Lateral e Inferior do Cérebro



(b) Vista Superior do Cérebro

Figura A 1.3 - Anatomia do Cérebro humano II

O Cérebro, a parte mais complexa do sistema nervoso, controla o corpo no contexto quanto a ação, sentido e pensamento. Ele recebe informações de todas as partes do organismo, processa-as e envia mensagens aos músculos, avisando-os sobre o que fazer. Embora cada qual tenha funções específicas, as diversas áreas do cérebro, interligadas por elaborado sistema de comunicações, trabalham em conjunto para controlar o comportamento corporal.

A massa principal do encéfalo é representada pelo cérebro e a segunda maior porção é o cerebelo. Isto poderia fazer pensar que as outras partes do encéfalo - o diencefalo, o

mesencéfalo, a ponte, e o bulbo - teriam importância bem menor, em comparação com a do cérebro e do cerebelo. Porém, essas partes são absolutamente indispensáveis para a manutenção da função nervosa, em verdade, muito mais importante do que qualquer outra massa equivalente do cérebro ou do cerebelo. Por trás do tronco encefálico localiza-se o cerebelo. É uma estrutura com duas metades pregueadas e sulcadas, responsáveis pelos movimentos coordenados e pelo equilíbrio do corpo (figura A1.4).

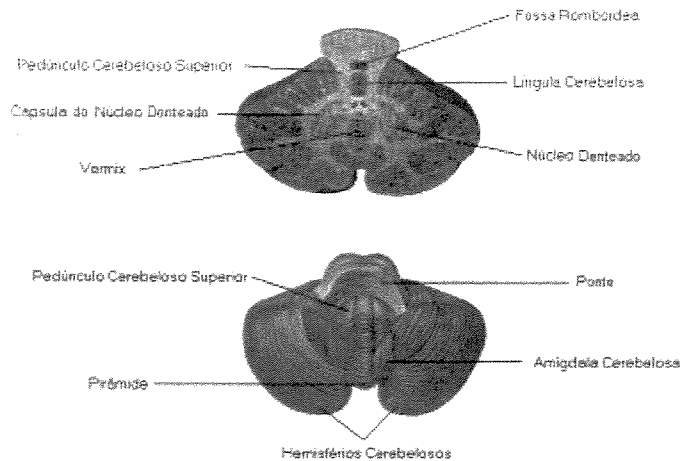


Figura A 1.4– As partes do cerebelo

Anatomia da Medula Espinhal

O interior da medula espinhal é mostrado através da figura abaixo. Ela tem cerca de 1,8 cm de diâmetro e se divide em duas áreas: a interna, em forma de borboleta, composta de massa cinzenta e a externa, feita de massa branca e envolvida de um tecido fibroso fino. Da medula saem 31 pares de nervos, chamados espinhais.

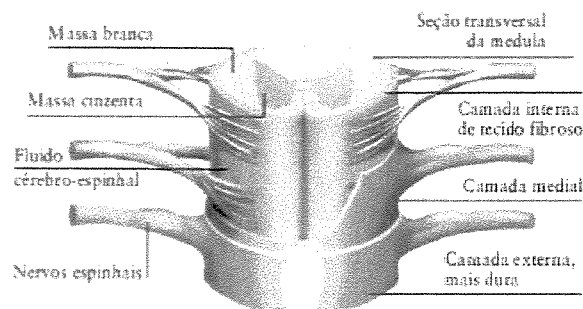


Figura A 1.5- Interior da medula espinhal

A Medula Espinhal e o encéfalo constituem o sistema nervoso central. Juntos, eles controlam a maior parte das ações do corpo humano. A medula liga-se ao Encéfalo passando por um orifício na base do crânio. Com cerca de 45 centímetros de comprimento, estendendo-se da base do crânio aproximadamente três quartos das costas, ela fica encerrada numa estrutura em túnel, no centro da coluna vertebral. Da medula partem, para todas as partes do corpo, 31 pares de nervos chamados espinhais.

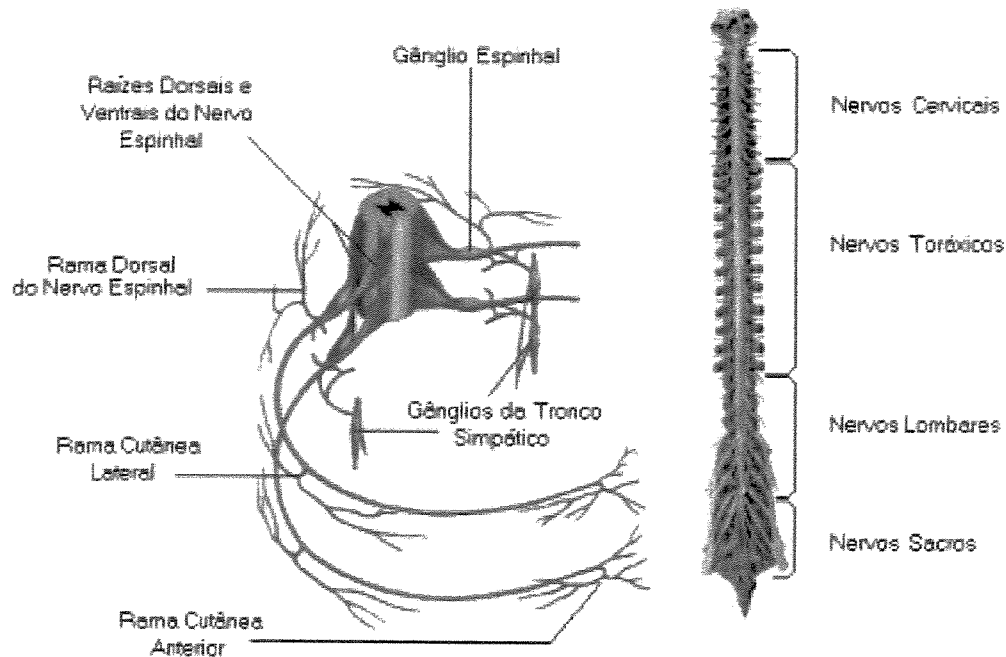


Figura A 1.6– Estrutura Anatômica da medula espinhal

A medula espinhal exerce duas funções.

- Primeiro serve como condutor para muitas vias nervosas, que vão para ou vêm do cérebro.
- Segundo serve como área integradora para a coordenação de muitas atividades neurais subconscientes, como por exemplo, a retirada reflexa de parte do corpo do campo de um estímulo doloroso, o enrijecimento reflexo em extensão da perna em pessoa que fica de pé e, até mesmo, de movimentos grosseiros de marcha.

Desta forma, a medula espinhal é muito mais do que, simplesmente, um grande nervo periférico.

PLANO GERAL DA DISTRIBUIÇÃO NERVOSA NO CORPO HUMANO

Nervos da Cabeça

Na cabeça estão localizadas as mais complexas estruturas nervosas do corpo. Chamam-se cranianos ou nervos ligados ao encéfalo; espinhais, os ligados à medula espinhal. Encéfalo e medula formam o Sistema Nervoso Central, que atua como um núcleo de coordenação e processamento para todo o corpo.

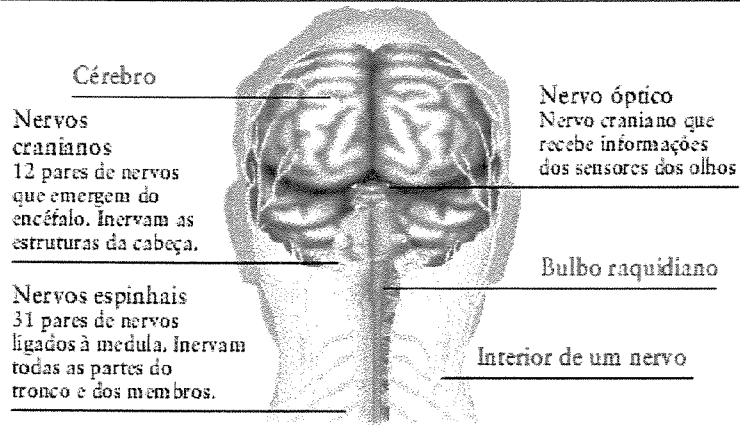


Figura A 1.7

Nervos do Pescoço

Os Nervos que se irradiam do cérebro e da medula espinhal para todo o corpo compõe o chamado Sistema Nervoso Periférico. No pescoço localizam-se oito pares de nervos espinhais, chamados cervicais. Eles inervam não só o pescoço, mas também a parte posterior da cabeça, os ombros, os braços e o diafragma.

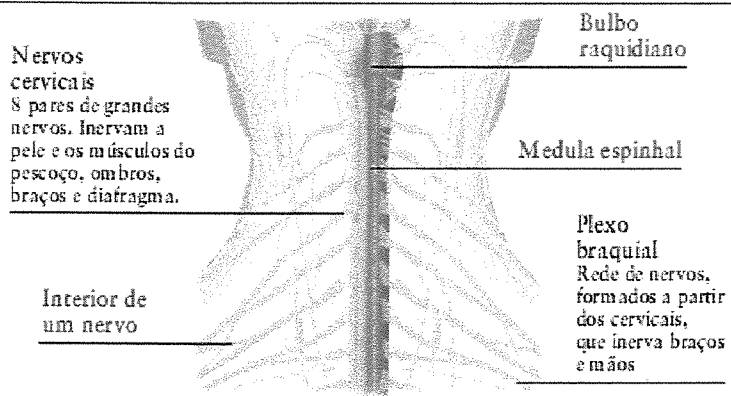


Figura A 1.8

Nervos do Tórax

Os Nervos Torácicos, situados no interior do peito, originam-se na medula espinhal, circundam o tórax e estendem-se ao longo das costelas. Inervam os músculos que movem as costelas na respiração, os músculos abdominais e a pele que recobre o tórax e o abdome.

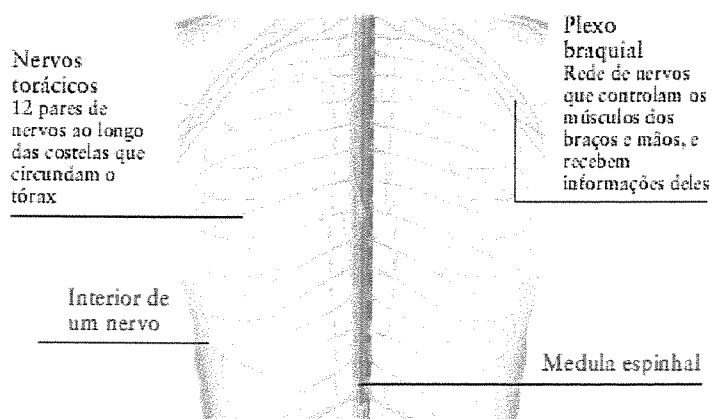
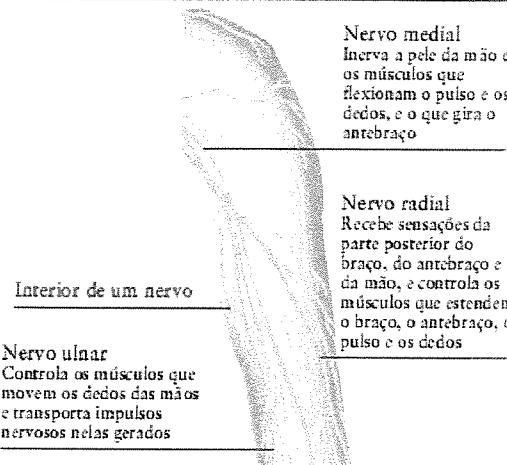
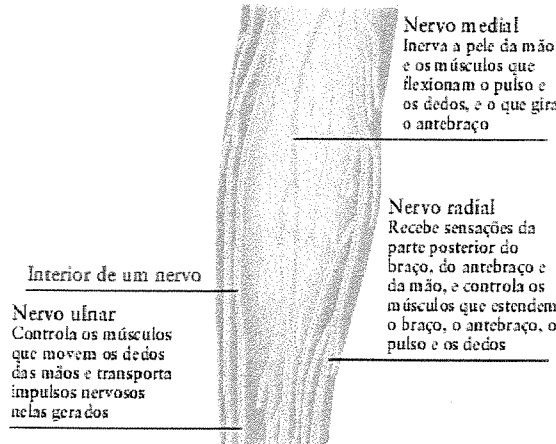
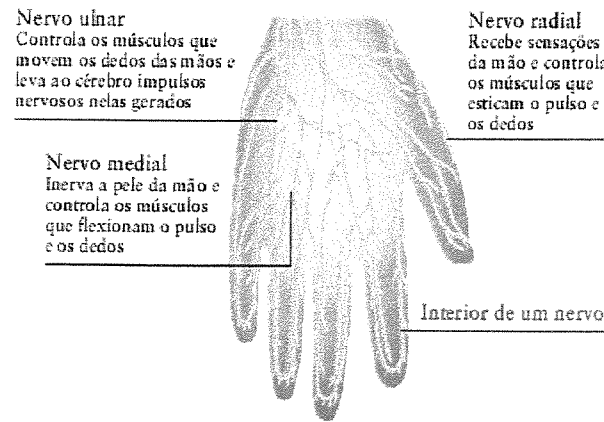
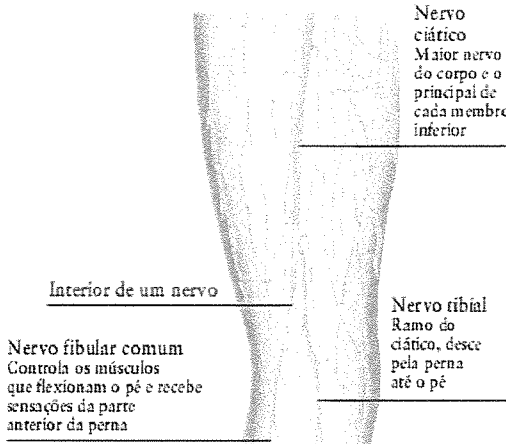
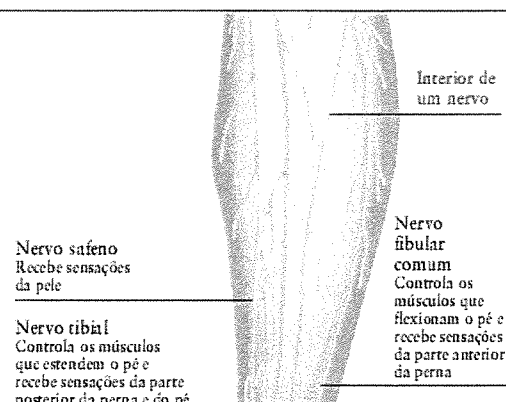
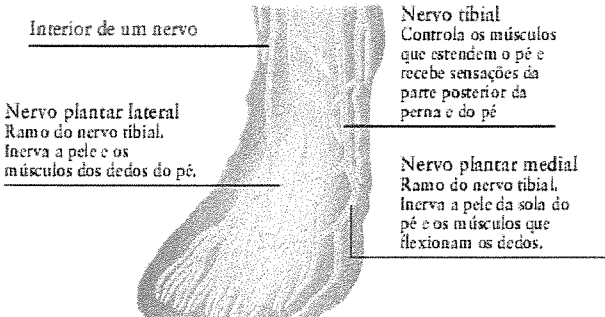


Figura A 1.9

Membros Superiores	
Nervos do Braço	
Os principais nervos que estendem pelo ombro até o braço são o radial, o medial e o ulnar. Eles inervam os músculos que flexionam ou estendem o braço, o antebraço, o pulso e os dedos da mão. Além disso, levam à medula espinhal impulsos nervosos dos sensores da pele dos membros superiores.	 Nervo medial Inerva a pele da mão e os músculos que flexionam o pulso e os dedos, e o que gira o antebraço Nervo radial Recebe sensações da parte posterior do braço, do antebraço e da mão, e controla os músculos que estendem o braço, o antebraço, o pulso e os dedos Nervo ulnar Controla os músculos que movem os dedos das mãos e transporta impulsos nervosos nelas gerados Interior de um nervo
Figura A 1.10	
Nervos do Antebraço	
Os Nervos que se estendem pelo braço - radial, medial, e ulnar - prosseguem pelo antebraço e vão até a mão. Eles controlam os músculos do antebraço e da mão, e recebem sensações captadas pelos terminais nervosos da pele, transmitindo ao cérebro os correspondentes impulsos nervosos.	 Nervo medial Inerva a pele da mão e os músculos que flexionam o pulso e os dedos, e o que gira o antebraço Nervo radial Recebe sensações da parte posterior do braço, do antebraço e da mão, e controla os músculos que estendem o braço, o antebraço, o pulso e os dedos Nervo ulnar Controla os músculos que movem os dedos das mãos e transporta impulsos nervosos nelas gerados Interior de um nervo
Figura A 1.11	
Nervos da Mão	
Os Nervos que se estendem pela mão servem aos músculos que flexionam e estendem os dedos. Além disso, levam à medula impulsos nervosos originários de receptores sensoriais das mãos.	 Nervo ulnar Controla os músculos que movem os dedos das mãos e leva ao cérebro impulsos nervosos nelas gerados Nervo medial Inerva a pele da mão e controla os músculos que flexionam o pulso e os dedos Nervo radial Recebe sensações da mão e controla os músculos que esticam o pulso e os dedos Interior de um nervo
Figura A 1.12	

Membros Inferiores	
Nervos da Coxa	
Grupo de nervos que se estendem para baixo, a partir do extremo inferior da medula espinhal, e ramificando-se para formar os nervos que inervam a coxa. Os principais são o ciático e o femural, que acionam os músculos da coxa e da perna e levam à medula espinhal impulsos nervosos vindos de sensores da pele.	 Nervo ciático Maior nervo do corpo e o principal de cada membro inferior Interior de um nervo Nervo tibial Ramo do ciático, desce pela perna até o pé Nervo fibular comum Controla os músculos que flexionam o pé e recebe sensações da parte anterior da perna
Figura A 1.13	
Nervos da Perna	
Os principais nervos da perna são o safeno, o tibial e o fibular comum. Eles controlam os músculos da região e dos pés, e recebem sensações captadas pelos terminais nervosos da pele, transmitindo à medula espinhal os correspondentes impulsos nervosos.	 Interior de um nervo Nervo safeno Recebe sensações da pele Nervo tibial Controla os músculos que estendem o pé e recebe sensações da parte posterior da perna e do pé Nervo fibular comum Controla os músculos que flexionam o pé e recebe sensações da parte anterior da perna
Figura A 1.14	
Nervos do Pé	
Os Nervos que vão da perna ao pé inervam os músculos que flexionam e estendem o pé e os dedos. Além disso, eles captam mensagens dos receptores sensoriais localizados na pele do pé. Esses impulsos nervosos são então transmitidos à medula espinhal e ao cérebro, que formam o sistema nervoso central.	 Interior de um nervo Nervo tibial Controla os músculos que estendem o pé e recebe sensações da parte posterior da perna e do pé Nervo plantar lateral Ramo do nervo tibial. Inerva a pele e os músculos dos dedos do pé. Nervo plantar medial Ramo do nervo tibial. Inerva a pele da sola do pé e os músculos que flexionam os dedos.
Figura A 1.15	

Anatomia de um Nervo

As Fibras Nervosas , ou Axônios unem-se em feixes. Cada fibra leva impulsos vindos do núcleo de uma célula nervosa. A maioria tem uma camada externa que permite que os impulsos se desloquem rapidamente. O feixe mantém-se unido por uma bainha protetora. Cada nervo é formado por um conjunto deste feixes.

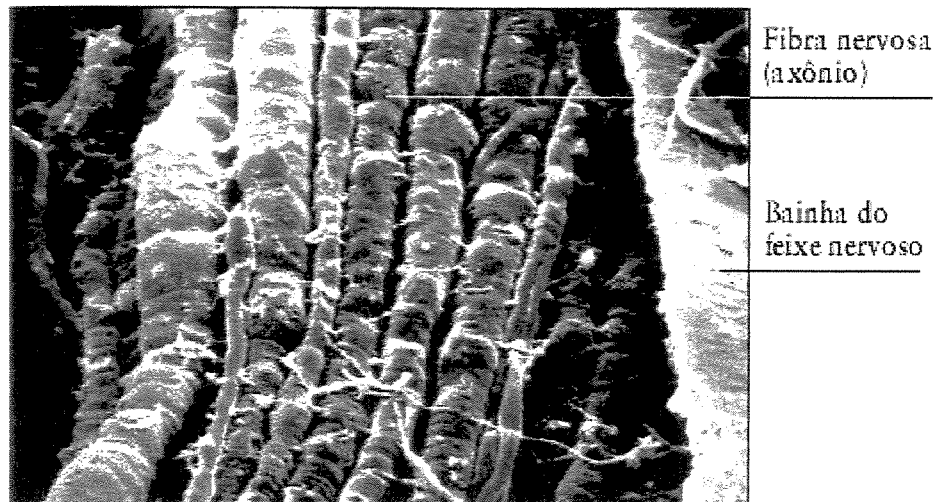


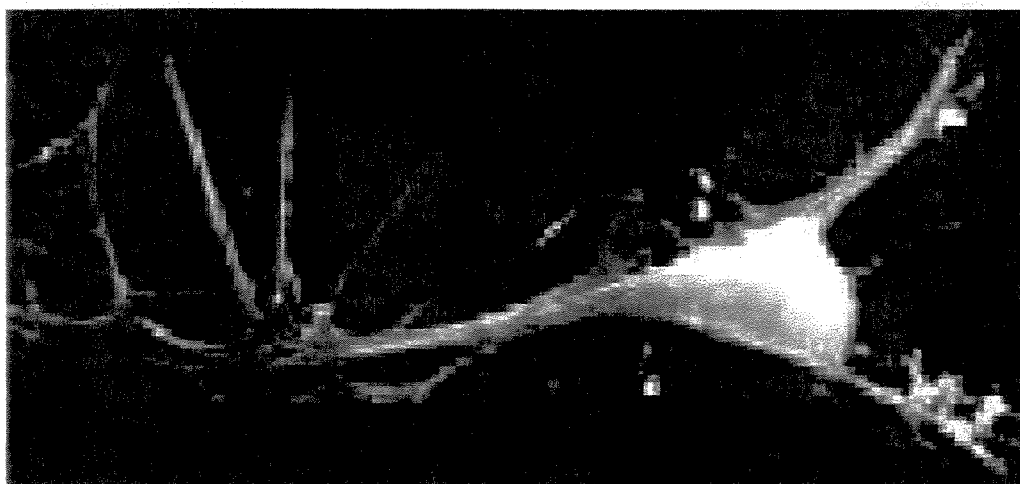
Figura A 1.16– Imagem das Fibras Nervosas obtidas por microscopia eletrônica

A unidade anatômica e funcional do tecido nervoso é o neurônio, célula altamente especializada, cujas propriedades de excitabilidade e condução são a base das funções do sistema. Pode-se distinguir com ela um corpo celular no qual se acham os diversos orgânulos. Do corpo celular separam-se dois tipos de prolongações, os dendritos e um axônio. Os dendritos se ramificam em ramos de segunda e terceira ordem, cujo calibre diminui a medida que se afastam do corpo neuronal. O axônio é único e seu diâmetro, geralmente uniforme em toda sua longitude, se ramifica somente na proximidade de sua terminação. No caso que se distinga somente o soma neuronal e o axônio, se falará de neurônio pseudo-unipolar. Quando, além da expansão axônica há outra oposta mais reduzida, uma dentrite, temos um neurônio bipolar. Podemos encontrar este modelo numa das capas da retina. O modelo mais freqüente é o do neurônio multipolar, que se acha em todo o sistema nervoso central. À região axônica opõe-se outra que apresenta uma extraordinária ruborização e se dispõe em diversos planos, no caso das células de Purkinje, neurônio multipolar próprio da corteza cerebelosa, cujas expansões dendríticas se dispõem

num só plano, como num leque. Existe igualmente uma grande variedade quanto ao tamanho das células nervosas.

O tecido nervoso, seja ele do encéfalo, da medula espinhal ou dos nervos periféricos, contém dois tipos básicos de células:

- Os Neurônios que conduzem os sinais pelo sistema nervoso - existem cerca de 100 bilhões dessas células em todo o sistema nervoso central
- As Células de Suporte ou de Isolamento, que mantêm os Neurônios em suas posições e evitam que os sinais sejam dispersados entre os Neurônios e suas estruturas intercelulares; são um conjunto, chamado Neuróglio. No Sistema Nervoso periférico, são as Células de Schwann.



(a) Imagem de um Neurônio Obtida por microscopia eletrônica

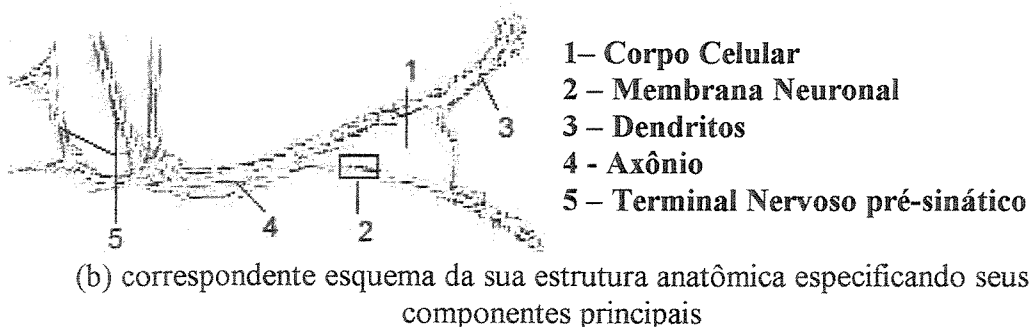


Fig.A 1.17 Anatomia de um Neurônio

A figura A 1.17 mostra um típico Neurônio. Seus componentes principais incluem os seguintes:

1 - Corpo celular. É a região de onde se diferenciam todas as outras partes do Neurônio.

Dendritos. São prolongamentos múltiplos e ramificados, com origem no corpo celular. Constituem as partes receptoras principais do Neurônio. Os Dendritos de cada Neurônio, em geral, recebem sinais de muitos milhares de pontos de contato com outros Neurônios, as Sinápses, que são discutidas a diante.

Axônio. Cada Neurônio possui um Axônio. Essa é a parte do Neurônio que é chamada de Fibra Nervosa. Seu comprimento pode ser de apenas alguns milímetros, como acontece com os Axônios dos Neurônios pequenos do cérebro, ou podem atingir até um metro, como no caso dos Axônios (fibras nervosas) que partem da medula para enervar os pés. Os Axônios transmitem os sinais neurais para a célula seguinte no cérebro ou na medula espinhal, ou para músculos e glândulas nas regiões periféricas do corpo.

Terminais Axônicos e Sinápses. Próximos a seus terminos, todos os Axônios ramificam-se extensamente, com o número total dessas ramificações, podendo atingir aos milhares. Na extremidade de cada uma dessas ramificações existe uma terminação neural especializada que, no Sistema Nervoso Central, é chamada de pé ou Botão Sináptico, devido a sua semelhança com o pé de um móvel (ou com um puxador de gaveta). Por outra vez, esse Botão Sináptico fica situado sobre a superfície da membrana de um Dendrito ou do corpo celular de outro Neurônio. Esse ponto de contato entre o Botão Sináptico e a Membrana Neuronal é a Sinapse. É através das Sinápses que os sinais são transmitidos de um Neurônio a outro. Quando estimulado, o Botão Sináptico libera quantidade diminuta de um hormônio chamado de Substância Transmissora, no espaço entre o Botão e a Membrana do Neurônio, e a Substância Transmissora estimula este Neurônio.

Principais Neurônios constituintes do Sistema Nervoso

Neurônios de Associação

Os Neurônios de Associação constituem 99% das células nervosas do corpo. Presentes no sistema nervoso central, eles funcionam como elos entre neurônios motores e sensoriais, durante a recepção, transmissão e processamento dos impulsos nervosos em todo o corpo. Eles são a base de ligação entre os neurônios motores a neurônios sensoriais e coordenam as respostas do cérebro às informações por ele recebidas. Na figura abaixo, podem ser vistos alguns corpos celulares de neurônios de associação com sua trama de fibras conectoras, que interligam muitos diferentes neurônios.

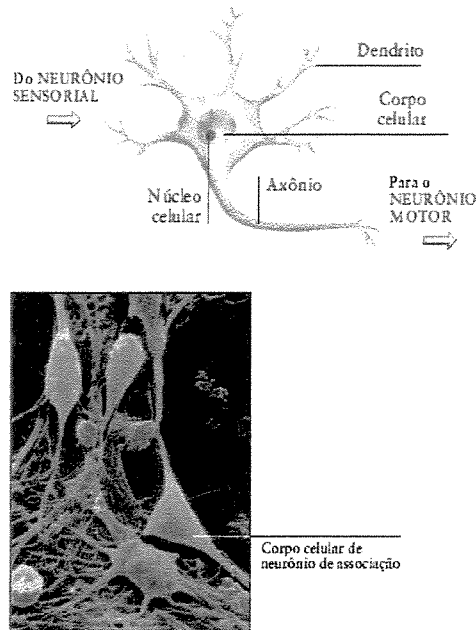


Figura A 1.18

Neurônios Motores

Os Neurônios motores levam impulsos nervosos do Sistema Nervoso Central até órgãos como os músculos, que reagem com um movimento. O corpo da célula de um neurônio fica dentro do Sistema Nervoso Central; seu prolongamento, ou Axônio, estende-se ao longo do comprimento do Nervo.

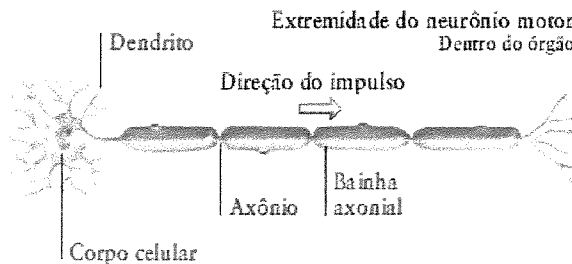


Figura A 1.19

Neurônios Sensoriais

Os Neurônios Sensoriais transportam até o Sistema Nervoso Central, no Cérebro e na Medula Espinhal, mensagens de todos os receptores sensoriais do corpo. Estas mensagens, chamadas impulsos nervosos, referem-se a sensações de todo o tipo, como a dor percebida na pele, ou a de luz, nos olhos.

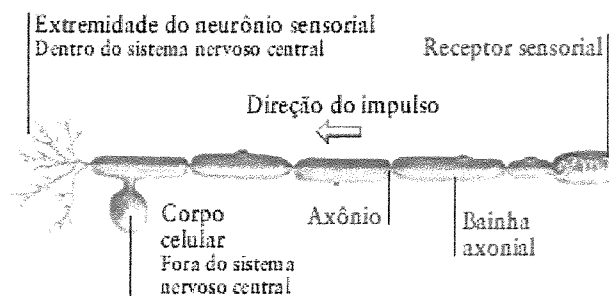


Figura A 1.20

Plano geral do Sistema Nervoso Central, a Sinapse e os Circuitos Neuronais básicos.

O Sistema Nervoso

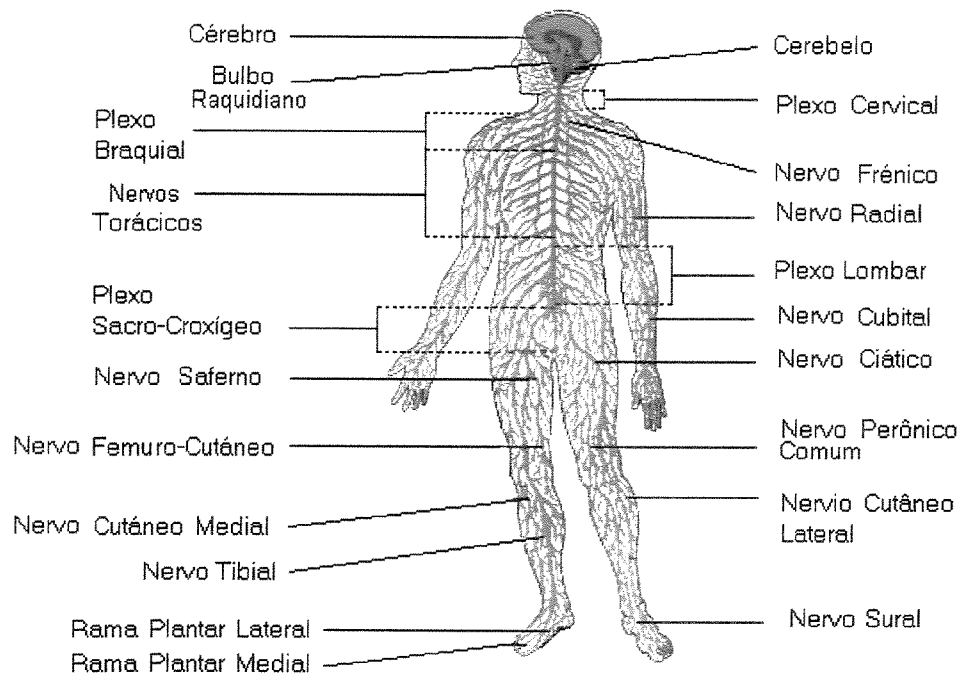


Figura A 1.21 - Divisões do Sistema Nervoso:

A figura A1.21 mostra as principais divisões do Sistema Nervoso:

Os órgãos que integram o sistema nervoso são formados fundamentalmente pelo tecido nervoso, cujos elementos constitutivos são os neurônios (células nervosas) e células da neurôglia ou glia que dão origem à substância cinzenta, formada pelos corpos neuronais e o neurópilo, e a substância branca, formada pelas fibras nervosas e suas bainhas. Do ponto de vista funcional, a substância cinzenta forma centros de processamentos da informação, e na substância branca se agrupam as vias de comunicação destes centros entre si. A informação chega aos centros superiores desde a periferia, passando por uma série de outros intermédios, e o mesmo sucede com as respostas que, desde os centros superiores chegam à periferia, atravessando um número variável de centros de processamentos.

No homem se distingue o sistema nervoso central, ou da vida de relação, que rege as funções de relação do organismo com o exterior, e o sistema nervoso neurovegetativo ou autônomo que dirige as funções da vida vegetativa.

O Sistema nervoso central é constituído pelo encéfalo que compreende o cérebro, cerebelo, bulbo raquiano e tubérculos quadrigêmos, constituem um centro de reflexos visuais. Os tubérculos são quatro e se dividem em dois superiores e dois inferiores. Na região interior dos tubérculos se encontra a glândula hipófise, alojada na "sela túrcica" do osso esfenóide, e que controla a atividade do organismo.

O Sistema Nervoso periférico é formado pela rede ramificada nervosa que se estende por todas as terminações nervosas do corpo humano. Ele é constituído por 31 pares de nervos raquídeos que partem da medula espinhal; além de 12 pares de nervos cranianos que partem do encéfalo e se dirigem a diferentes órgãos da cabeça (só um deles, o pneumogástrico), vai ao coração e ao tubo digestivo.

A anatomia de um nervo periférico, contém um grande número de feixe de fibras nervosas. Essas fibras são de dois tipos funcionais:

- 1.As Fibras Eferentes, para a transmissão de informações sensoriais para a medula espinhal e para o encéfalo;

- 2.As Fibras Eferentes, para a transmissão de sinais originados no Sistema Nervoso Central de volta para a periferia, especialmente para os músculos esqueléticos.

Alguns dos nervos periféricos têm origem diretamente da parte basal do próprio encéfalo e inervam, em sua maior parte, a cabeça; formam os Nervos Cranianos. O restante dos nervos periféricos são Nervos Espinhais, um saindo da medula, por meio do forame intervertebral, a cada nível medular.

O sistema nervoso autônomo compõe-se de centros bulbares e medulares, assim como de duas cadeias de 23 gânglios, situados em ambos lados da medula espinhal. Os nervos desta rede saem da base do cérebro e da medula espinhal e seguem até os órgãos de todo o corpo sendo responsáveis pelas funções de respiração, circulação, secreções e, em geral, todas as próprias da vida de nutrição as quais são involuntárias. Os órgãos inervados funcionam com inteira independência da nossa vontade; por isso são chamados sistemas autônomos.

O sistema nervoso autônomo subdivide-se em dois, o parassimpático e o simpático, que trabalham em conjunto para provocar efeitos opostos em muitas áreas do organismo.

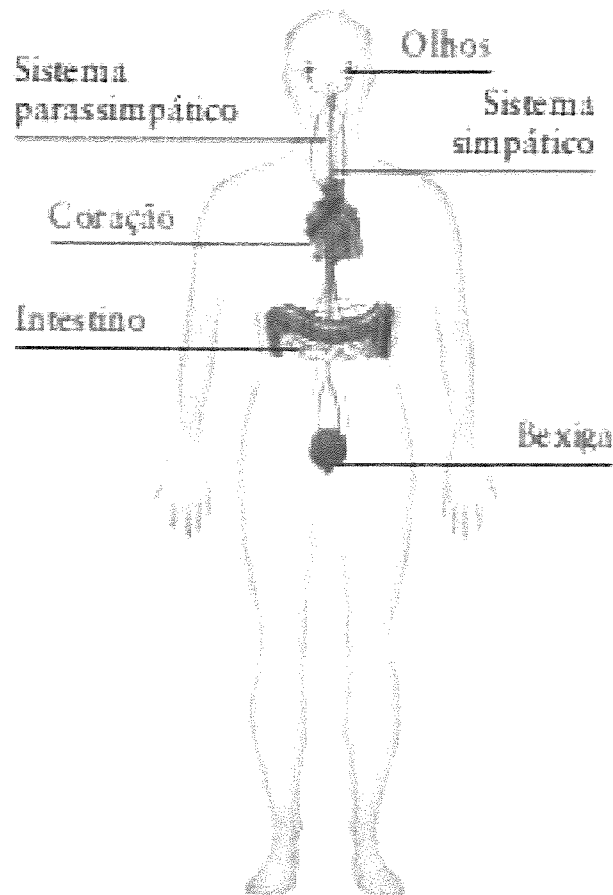


Figura A 1.22– Subdivisão do sistema Nervoso Autônomo

Tratando-se da origem e função das fibras nervosas, o sistema nervoso autônomo subdivide-se em dois grandes grupos:

- sistema nervoso simpático: suas fibras se originam na medula dorso-lombar e sua função é descarregar energia para satisfazer objetivos vitais.
- Sistema nervoso parassimpático: suas fibras nascem nos centros bulbares e sacro e intervêm nos processos de recuperação, encarrega-se do armazenamento ou administração da energia. Ambos sistemas têm funções antagônicas e complementares.

O Sistema Nervoso é formado por três subsistemas principais:

- Um eixo Sensorial que transmite sinais de Terminações Nervosas sensoriais periféricas para quase todas as partes da medula espinhal, do tronco cerebral, do cerebelo e do córtex;
- Um eixo motor que conduz sinais neuronais, com origem em todas as áreas centrais do sistema nervoso para os músculos e glândulas de todo o corpo;
- Um Sistema Integrador que analisa a informação Sensorial, a armazena na memória, para um uso futuro e que utiliza tanto a informação sensorial como a armazena na determinação das respostas apropriadas.

Muitas das reações neurais mais simples são integradas a nível da medula espinhal, incluindo efeitos do tipo da retirada de qualquer parte do corpo do campo de ação de estímulo doloroso, e de reflexos que encurtam os músculos sempre que estiverem estirados em excesso e, até mesmo, de sinais que produzem os movimentos de marcha, sob condições adequadas.

Reações mais complexas do Sistema Nervoso, como os processos do pensamento, armazenamento de memórias, determinação de atividades motoras complexas são todas integradas no cérebro.

O cerebelo atua em íntima associação com todas as outras partes do Sistema Nervoso Central, participando na coordenação de todas as funções motoras seqüenciais.

A unidade básica de controle do Sistema Nervoso é a Sinapse, onde os sinais passam das fibrilas terminais de um Neurônio para a célula neural seguinte. A Sinapse é formada por um botão Sináptico, situado na extremidade da fibrila Neural, e a membrana superficial do neurônio seguinte, onde encosta o botão sináptico. Este botão sináptico secreta uma substância transmissora que atua sobre a membrana e que pode ser tanto excitatória quanto inibitória, o que permite que sinais que cheguem possam produzir excitação ou inibição no Neurônio seguinte.

Os Neurônios do Sistema Nervoso Central são organizados em vários tipos de circuitos, os mais importantes sendo os seguintes:

O **Circuito Divergente**, que permite a estimulação de muitos Neurônios por um único sinal de chegada; cada um dos Neurônios vai por sua vez, estimular muitos outros Neurônios.

O **Circuito Convergente**, onde sinais oriundos de diversas origens cerebrais devem atuar, a um só tempo, sobre o mesmo Neurônio, para que este entre em atividade.

O **Circuito Reverberatório**, formado por série de Neurônios que transmitem sinais por via circular. Isto é, um Neurônio estimula outro Neurônio, em seguida, outro e outro e assim por diante, até que o sinal retorne ao Neurônio inicial. Dessa forma, o sinal percorre o circuito, ou “reverba”, até que o Neurônio fadigue. Contudo, enquanto o circuito reverbera, também envia sinais para outras partes do cérebro e para o sistema muscular, causando estimulação prolongada.

Plano Funcional do Sistema Nervoso

Sistema Sensorial. A figura 6 mostra o plano geral do sistema sensorial, que transmite informações sensoriais, de toda a superfície e das estruturas profundas do corpo, para o Sistema Nervoso, por meio dos Nervos Espinhais e Cranianos. Essa informação é conduzida para todos os níveis da medula espinhal, para o tronco cerebral, formado pelo bulbo, pela protuberância e pelo mesencéfalo, para as regiões mais altas do cérebro, inclusive o tálamo e o córtex cerebral.

Em seguida, esses sinais são transmitidos, por várias secundárias, a praticamente todas as outras regiões do Sistema Nervoso, onde vai ocorrer a análise e o processamento da informação sensorial.

O Sistema Motor.

Em última análise, a mais importante função do Sistema Nervoso é a de controlar as atividades do corpo. Isto é conseguido pelo controle da contração dos músculos esqueléticos em todo o corpo, da contração dos Músculos Lisos nos órgãos internos, da secreção das Glândulas endócrinas e exócrinas em muitas regiões do corpo.

Em conjunto, essas atividades forma as funções motoras do sistema nervoso, e a parte deste sistema nervoso que está diretamente relacionado com a transmissão de sinais para os músculos e para as glândulas é o sistema motor. Sinais podem ter origem:

Na área motora do córtex cerebral nas regiões basais do encéfalo, ou na medula espinhal e são transmitidos, por nervos motores para os músculos.

Cada nível específico do Sistema Nervoso desempenha seu próprio papel no controle dos movimentos corporais, ficando a medula espinhal e as regiões basais do encéfalo encarregadas, principalmente, das respostas automáticas do corpo aos estímulos sensoriais,

enquanto as regiões mais elevadas ficam com a execução de movimentos deliberados, controlados pelos processos do pensamento do cérebro.

Sistema Integrador A expressão Integrador significa o processamento de informação para determinar a ação motora correta e apropriada para o corpo ou para permitir o pensamento abstrato. Localizado imediatamente adjacente a todos os centros sensoriais e motores da medula espinhal e do encéfalo, existem numerosos centros cuja função é, em sua quase totalidade, o desempenho de processos integradores. Algumas destas áreas estão relacionadas com armazenamento de informação, isto é, com a memória, enquanto outras avaliam a informação sensorial para determinar se é agradável ou desagradável, dolorosa ou calmamente, intensa ou fraca, etc. É nestas regiões que a resposta apropriada à informação sensorial que chega é determinada; uma vez tendo ocorrido essa determinação, os sinais são transmitidos para os centros motores, para causar os movimentos do corpo.

Reflexos

Muitas funções do Sistema Nervoso são resultados de reflexos. Um reflexo é uma resposta motora que ocorre após um estímulo sensorial, a resposta ocorrendo por meio de um arco reflexo, formado por um receptor, uma via de condução nervosa e um efetor. Arco reflexo é, portanto, o caminho percorrido pelos impulsos nervosos durante um reflexo. Esses impulsos saem do sensor de dor, passam pela medula espinhal e voltam a um determinado músculo (figura 1). Cada reflexo tem um arco peculiar. Por exemplo, ao pisar num objeto pontiagudo, o pé afasta-se sempre do mesmo modo.

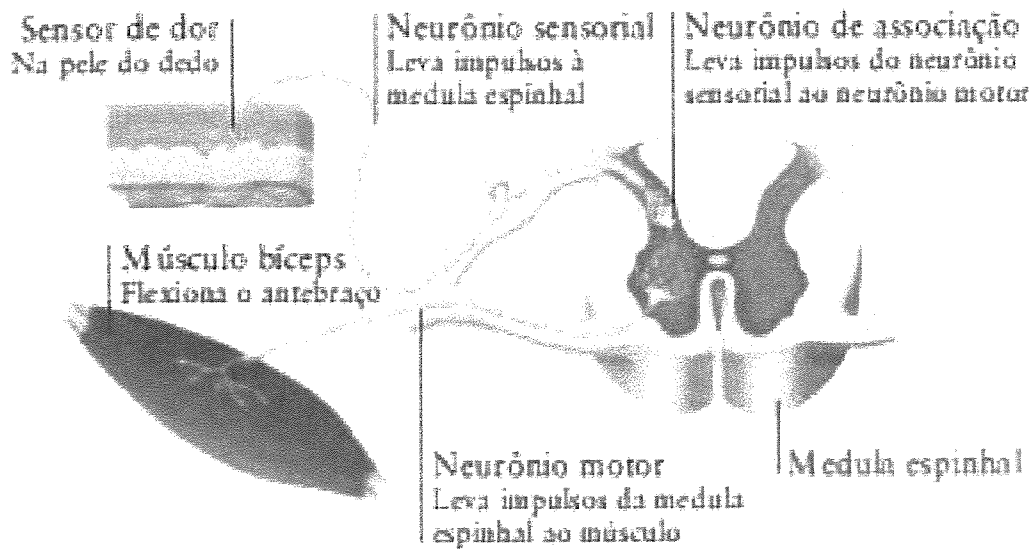


Figura A 1.23 - Rota dos Impulsos Nervosos na Reflexão

Um receptor, é qualquer tipo de terminação neural sensorial que seja capaz de detectar qualquer uma das sensações corporais usuais, como a do tato, de pressão, a olfativa, a visual, etc. Uma vez que a sensação é detectada, um sinal é transmitido pela via de condução nervosa, formada por neurônio único ou por número variável de neurônios, interligados em série e/ou em paralelo. O efector é um músculo esquelético ou um dos órgãos internos, como o coração, o intestino ou uma glândula que possa ser controlada por nervos.

Vamos nos referir à figura A1.23 para analisar como um reflexo simples poderia ocorrer. Vamos admitir, por exemplo, que uma das terminações nervosas livres da pele fosse estimulada por um estímulo doloroso e que o sinal de dor seja transmitido para a medula espinhal.

Ao chegar à medula, esse sinal vai excitar outros neurônios que, eventualmente, enviam sinais de volta aos músculos adequados para provocar a retirada da parte do corpo que entrou em contato com o estímulo doloroso.

Por esse mecanismo, se uma pessoa esbarrar a mão em um local quente, sua mão é automaticamente retirada, tão logo um sinal sensorial possa ser transmitido para a medula espinhal e em seguida, de volta para os músculos acionadores daquele membro. Isso é chamado simplesmente reflexo de defesa (ou de flexão). Este processamento é efetuado na medula espinhal e não pelas partes conscientes do encéfalo.

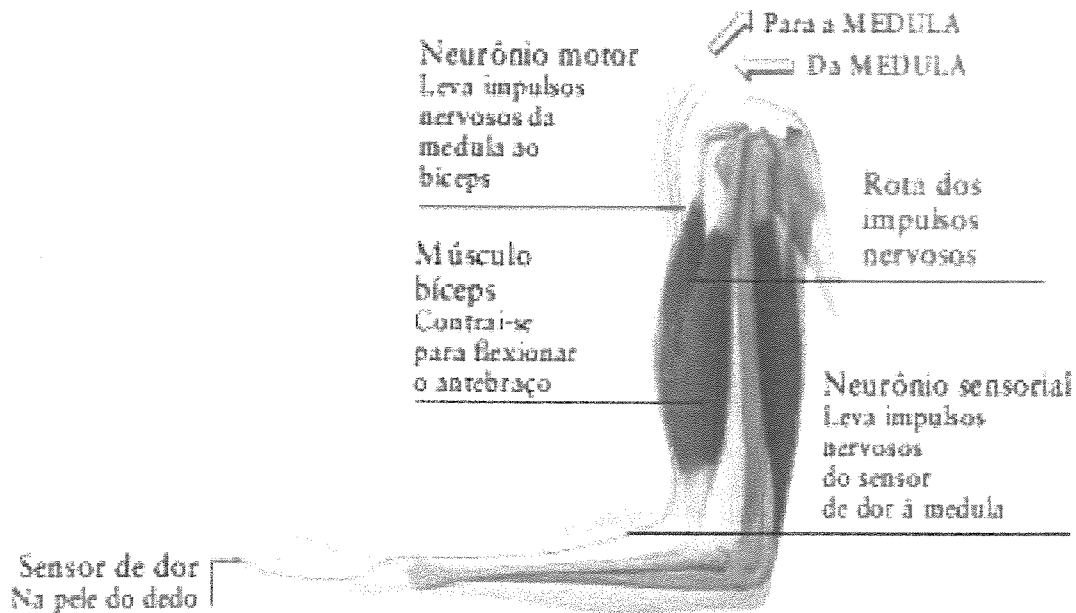


Figura A 1.24 – Mecanismo funcional do reflexo nervoso

Um reflexo bem mais complexo seria aquele em que muitos sinais sensoriais passariam para o sistema nervoso, vindo dos olhos, dos ouvidos, da pele, e de outras regiões do sistema nervoso sensorial, para avisar a pessoa de um perigo. Após alguns segundos de integração, um sinal automático é transmitido de volta para os músculos, permitindo que a pessoa fuja. Esse é basicamente, o mesmo tipo de resposta que o reflexo de defesa, exceto por envolver elementos sensoriais em muito maior número, bem como de elementos integradores e motores. Também depende de memórias armazenadas a partir de aprendizados prévios, o que permite a compreensão do perigo.

Os três níveis principais de Função do Sistema Nervoso

Durante o desenvolvimento do homem através das diferentes etapas de evolução, o Sistema Nervoso progrediu desde simples fibras nervosas conectando as diferentes partes do corpo, como acontece nos organismos multicelulares primitivos, até o sistema nervoso mais complexo, talvez contendo 100 bilhões de neurônios, do ser humano. Conforme os organismos animais atingiram a etapa multissegmentada, as fibras nervosas e os corpos celulares neuronais se agregaram para formar um eixo neural, ao longo do corpo, com esse eixo neural representando o ponto de partida para a medula espinhal do ser humano, que é o primeiro nível de função do Sistema Nervoso Central.

Em seguida, na extremidade cefálica do eixo, desenvolveram-se grandes agregados neuronais que transmitiam sinais controladores pelo eixo neural, para todas as partes do corpo. Essas regiões anteriores do sistema nervoso ficaram muito desenvolvidas em peixes, em répteis em aves, e são comparáveis às partes basais do encéfalo humano - o segundo nível de integração do Sistema Nervoso.

Finalmente, ocorreu o desenvolvimento muito acentuado das regiões que circundavam as porções basais do encéfalo, formando o córtex cerebral, que é o terceiro nível de função. Isso ocorreu, principalmente em mamíferos e atingiu grau imenso de desenvolvimento no ser humano.

Durante cada uma dessas etapas evolutivas, foram sendo estabelecidas novas funções para o Sistema nervoso Central, e muitas delas foram herdadas desde os animais mais inferiores até o ser humano.

Os mamíferos possuem certas capacidades mentais maiores e mais complexas do que as apresentadas por outros animais, em especial a de armazenar quantidades imensas de informações sob a forma de memórias e de utilizar estas informações durante toda a sua vida. Associado com este grande armazenamento, também apareceu o processo do

pensamento, uma faculdade que atingiu sua mais alta forma de expressão no encéfalo humano.

Junto como o processo de pensamento, o ser humano desenvolveu a incrível arte de comunicação pela voz, pela visão, e por outros meios. Todas essas funções são, primariamente, controladas pelo córtex cerebral.

Em resumo, os três níveis principais de organização do sistema Nervoso Central são:

A Medula Espinhal que controla, basicamente, a maioria dos mecanismos reflexos do organismo;

As regiões Basais do Encéfalo, que controlam a maioria das funções automáticas complexas, como o equilíbrio, a fome, movimentos grosseiros do corpo, a marcha, a respiração, etc. e, finalmente,

O Córtex Cerebral, sede de nossos processos mais complexos do pensamento e que controla nossas atividades motoras mais finas e delicadas.

Parte 3: A marcha e a corrida humana

A marcha

As diferenças individuais aparecem na marcha tão logo a criança começa a dar seus primeiros passos. Em parte, pelo menos, essas diferenças se devem a características estruturais intrínsecas que não estão sob o controle voluntário e que limitam os possíveis tipos de movimento. São três essas características:

1. Dimensões e configurações dos ossos.
2. Restrição de movimento nas articulações.
3. Distribuição de massa nos membros.

A locomoção é uma questão individual, pois cada pessoa tende a assumir um tipo de marcha e de velocidade que é o mais eficiente para sua estrutura particular. Há uma teoria neuromotora, baseada na suposição de que o controle nervoso eferente da marcha representa diversos níveis de organização neural funcional em relação à postura, à locomoção e aos movimentos das mãos. Esta teoria sustenta que, como as características temporais são relativamente fixas, a duração do passo e o tempo de apoio mantêm sua relação corporal, no peso corporal e modificações relativas do comprimento dos membros e do tronco. Outros investigadores afirmam que a marcha ideal varia com o peso do corpo e o comprimento da perna, mas pode ser calculado pela análise cinesiológica, caso sejam conhecidos os parâmetros dos corpos.

Na marcha normal, cinco características especiais requerem atenção especial:

1. O contato do pé com o solo;
2. A posição dos pés;
3. Os movimentos do centro de gravidade;
4. A transmissão dos esforços de peso;
5. O gasto energético.

As funções musculares.

O calcanhar toca o solo, geralmente, em primeiro lugar e depois, o peso corporal é transmitido para frente, seguindo a borda externa de todo o pé, passando, finalmente, para a cabeça dos metatársicos, ao se completar o passo. A fase de sustentação de uma perna coincide, amplamente, com a fase de oscilação de outra. Entretanto, há, geralmente, um período de transição em que os dois pés estão em contato com o solo. O choque mecânico de transferência do peso corporal de um pé ao outro é amortecido pela flexão do joelho.

A maioria dos indivíduos tem os pés desviados para fora, um pouco menos que sete graus. Acredita-se que este ângulo represente uma adaptação do corpo aos problemas de sustentação resultantes, provocados pela adoção da atitude vertical e à conseqüente elevação do centro de gravidade. É produzido pela rotação lateral ou medial das coxas, podendo ser diferente em cada pé. Em indivíduos com mais de sessenta anos de idade, esse ângulo pode ser de quase 10°. Acredita-se que isto constitui um meio para proporcionar uma estabilidade adicional que compensará o declínio da função neuromuscular.

A progressão é mais bem medida pelo movimento do centro de gravidade, pois, a partir dele, a velocidade e a aceleração do corpo podem ser computadas como um todo. Na marcha normal, o centro de gravidade descreve uma curva sinusoidal, nos planos vertical e horizontal. A amplitude de deslocamento é de, aproximadamente, 4,5 cm e o deslocamento horizontal é quase o mesmo. Como esses dois deslocamentos são aproximadamente iguais, o movimento do centro de gravidade, no corpo, forma uma figura em oito que ocupa, aproximadamente, um quadrado com 5 cm de lado. Quanto mais longo o passo, maior será o movimento do centro de gravidade, a cada passo.

Transladando-se o centro de gravidade numa trajetória sinusoidal de baixa amplitude, o corpo consegue conservar energia. A trajetória é retificada por meio de cinco mecanismos coordenados:

1. **Rotação pélvica.** Na marcha, a pelve roda, alternadamente, para a direita e para a esquerda. Isso eleva as extremidades dos arcos sucessivos formados pela passagem do centro de gravidade.
2. **Inclinação pélvica.** Na marcha normal, a pelve inclina-se para baixo, uns 5 graus para o lado que não sustenta o peso. Isso deprime a amplitude dos picos dos arcos sucessivos.
3. **Flexão do joelho.** O peso do corpo passa sobre a perna de sustentação momento em que o joelho está sendo flexionado. A magnitude dessa flexão é de, aproximadamente, 15 graus. A flexão também deprime a amplitude dos arcos sucessivos.

O efeito total dessa elevação das extremidades dos arcos pela rotação pélvica e a depressão dos picos dos arcos, pela inclinação pélvica e pela flexão do joelho, fazem com que as curvas sinusoidais se aproximem de uma linha reta e, assim reduzam materialmente, a amplitude de flexão e extensão que, de outra forma, seria necessária na articulação do quadril.

4. **Mecanismos do pé e do joelho.** Quando o calcanhar entra em contato com o solo, o pé é dorsifletido e a articulação do joelho é completamente estendida para que o centro de gravidade atinja sua depressão máxima. À medida que o peso passa sobre a parte anterior do pé e o calcanhar é elevado, o joelho se flexiona de modo que as inflexões abruptas do arco de deslocamento do centro de gravidade são suavizadas em ondas sinusoidais.
5. **Deslocamento lateral da pelve.** Os desvios horizontais do centro de gravidade também ajudam a substituir as inflexões agudas em curvas sinusoidais, no plano horizontal. Esse movimento é muito acentuado na marcha competitiva, a fim de se obter um passo mais largo. Na marcha, cada pé está sujeito a forças que se aproximam a 1,2 vezes do peso corporal. Na corrida, isso se eleva ao dobro do peso corporal e, a cinco vezes quando se cai sobre os pés num salto em altura.

A cinesiologia da marcha

À medida que o indivíduo avança a perna direita, os dorsiflexores (extensor longo dos dedos, tibial anterior, extensor longo do hálux) e o tibial posterior da perna direita se contraem. Os primeiros proporcionam um apoio controlado da superfície plantar do pé sobre o solo.

A contração do tibial posterior é responsável pelo costumeiro desgaste do lado externo do salto do sapato. Logo após o calcanhar tocar o solo, o glúteo máximo começa a se contrair impedindo que a pelve caia para frente. À medida que o pé esquerdo entra na fase de oscilação, ele é mantido em dorsiflexão pela contração dos músculos acima enumerados, a fim de proporcionar um espaço adequado entre o pé e o solo. A oscilação da perna para frente é realizada pelos flexores do quadril. No final da oscilação, os isquiopoplíteos atuam detendo o movimento para frente. A extensão da rotação da pelve é amplamente controlada pelos abdutores e os adutores.

À medida que o peso sobre o pé direito se desloca para frente até a região mediotársica, o tibial anterior, o fibular e o tríceps sural se contraem enquanto o tibial posterior se relaxa. À medida que o peso vem para baixo sobre toda a superfície plantar do pé, o fibular, o tríceps sural e o extensor dos dedos estão em contração, evitando, parcialmente, a dorsiflexão do pé. A contração adicional do gastrocnêmio e do sóleo, assistidos, talvez, pelos outros flexores plantares, proporciona a força para elevar o calcanhar e deslocar o peso para a parte anterior do pé.

À medida que os metatársicos tocam o solo, o abdutor do hálux e o flexor curto dos dedos começam a se contrair, embora a ação desses músculos não esteja ainda definida. O fibular e o extensor dos dedos colocam o pé em posição de valgo, como fase preliminar para a transferência do peso do lado lateral para o medial, enquanto que o extensor dos dedos opõe-se à tendência à flexão plantar dos artelhos. O peso corporal é, agora, transferido do hálux do pé direito para o calcanhar do pé esquerdo e, assim, se resume o ciclo de contração e relaxamento muscular.

Mecânica da marcha

Essencialmente, o homem realiza sua própria propulsão para frente, mediante impulsos alternados e rítmicos das pernas. O corpo se inclina para frente e imediatamente depois, a perna propulsora ou de sustentação se estende, empurrando o tronco para frente. Quando o movimento do tronco para frente leva seu centro de gravidade além da borda anterior da base de sustentação (os artelhos do pé propulsor), a tração da gravidade tende a fazer com que o corpo caia para frente e para baixo. Nesse ponto, a outra perna descreve uma oscilação para frente apoiando-se no solo. Isso proporciona uma base de sustentação muito mais ampla e evita a queda do corpo. À medida que o indivíduo avança, as extremidades inferiores se alternam em suas funções, cada uma por seu turno, fazendo a propulsão e a sustentação, enquanto a outra oscila para frente.

A força resultante da extensão da perna propulsora pode ser dividida em três componentes: um componente vertical, que se opõe à força da gravidade e sustém o corpo e dois componentes horizontais. Um desses dois componentes horizontais atua no mesmo sentido que a marcha enquanto que o outro, relativamente insignificante, atua em ângulo reto em relação ao precedente. Quando um pé se apoia no solo, exerce uma pequena força na direção interna. Esse componente não será incluído, em nossa discussão.

Estes são os três aspectos mecânicos característicos de nossa marcha para frente. Não é necessário dizer que esta breve análise é inadequada, pois se deve estudar, separadamente, cada movimento efetuado pelo corpo, tanto na marcha como na corrida, a fim de se compreender sua contribuição para a atividade global.

Inclinação do corpo para frente. Imediatamente antes de dar um passo para frente, o corpo se inclina, na direção da progressão. O objetivo dessa inclinação do tronco para frente é o de colocar seu centro de gravidade o mais próximo possível da linha de força exercida pela perna propulsora. Dessa maneira, o homem estará em melhores condições para superar a resistência do ar e a inércia do tronco. Se o indivíduo não inclina o tronco para frente, vai perceber que a perna propulsora levará a porção inferior do tronco suficientemente para frente. O centro de gravidade do tronco, entretanto, está acima e atrás da força exercida pela perna propulsora; assim, a inércia

do corpo não é superada diretamente e, na realidade, exercerá um torque sobre os quadris na direção inversa. Isso tende a fazer com que a pessoa caia para trás.

Quanto mais rápido a pessoa tenciona andar ou correr, maior será a inclinação do tronco. Isso se deve ao fato de que o principal componente horizontal da força suprida pela perna propulsora é relativamente maior quando comparada ao componente vertical. De modo semelhante, será inclinar-se bem para frente, quando se caminha num vento forte. Aqui, novamente, o principal componente horizontal da força propulsora tem que ser aumentado, a fim de superar o grande aumento da resistência do ar. Em ambos os casos, o aumento da inclinação para frente aproxima o centro de gravidade do tronco para mais perto da linha da força propulsora.

A perna de sustentação ou propulsora. Quando o centro de gravidade do tronco se desloca para frente até uma posição ótima que na marcha muito lenta, encontra-se um pouco atrás da linha de força a ser exercida pela perna propulsora, mas avança, à medida que a velocidade da marcha aumenta o membro inferior se estende, ao nível do quadril, do joelho e do tornozelo.

O componente vertical da força serve para sustentar o corpo contra a tração de gravidade e o componente horizontal impulsiona o corpo para frente. Os dois, atuando juntos, aceleram o tronco para frente e para cima. Durante a progressão do pé para frente, o pé está fixo, o quadril move-se para frente e o ângulo, entre a perna e o solo, diminui.

A força exercida pela perna se modifica à medida que ela se aproxima da extensão completa, e as magnitudes relativas dos componentes horizontais e verticais também se alteram.

Uma vez que o corpo se encontra em movimento para frente, a segunda fase e a fase subsequente de sustentação diferem, somente, na fase de sustentação quando a perna oscilante toca o solo. A força exercida pela perna, nesse ponto, também pode ser resolvida em dois componentes. Como antes, o componente vertical sustenta o corpo tão logo se estabeleça contato com o solo. Porém o componente horizontal restringe, ligeiramente, a progressão para frente reduzindo a eficiência da operação. Com o movimento do corpo para frente, essa força restritiva torna-se, progressivamente, menor e, finalmente, desaparece, quando o centro da gravidade do

tronco está diretamente acima do ponto de sustentação. Entretanto esse ponto de sustentação é indefinido, porque se desloca desde o tornozelo até a parte anterior do pé, à medida que o tronco se move para frente, essa força restritiva pode atingir uma grande magnitude quando se deseja parar subitamente.

Quando a perna de sustentação começa a entrar em contato com o solo, ela está quase em completa extensão, mas se flexiona lentamente até que o centro de gravidade do tronco esteja diretamente sobre o ponto de sustentação. Nesse ponto, a extensão começa e continua até que a fase de sustentação esteja terminada.

A extensão ocorre, ao nível do quadril, do joelho e do tornozelo. A extensão do tornozelo é um pouco mais tardia, mas persiste por mais tempo do que a do joelho. Quando o calcanhar se erguer do solo, o joelho estará em completa extensão, porém o pé e o tornozelo continuam a atuar. A extensão extrema (flexão plantar) do tornozelo atua para alongar a perna de sustentação e, através da transferência da área de sustentação do calcanhar para a parte anterior do pé, permite que o tempo da força exercido pela perna seja maior.

Ação da perna oscilante. Terminada a fase de sustentação, a perna é levantada oscilando, para frente, a fim de iniciar uma nova fase de sustentação. A perna oscilante atua como um pêndulo no seu movimento para frente. O fato de que o joelho se flexiona na oscilação para frente é suficiente para invalidar o conceito de pêndulo. Os estudos realizados sobre a aceleração do membro, demonstram, definitivamente, que a perna não atua como um pêndulo. No caso da corrida, os torques exercidos pelos flexores do quadril, durante o primeiro terço da oscilação para a frente, são poderosos. A oscilação da perna para a frente começa com a flexão do quadril e do joelho. À medida que a velocidade da marcha ou da corrida vai aumentando, aumenta também o torque, ao nível do quadril, porque a velocidade da oscilação para a frente depende amplamente da magnitude e da duração do torque exercido pelos flexores do quadril. Desde o ponto em que a coxa está vertical, até o pouco antes do final da oscilação para a frente, a coxa oscila livremente no quadril, com exceção do ímpeto proporcionado pela inércia da perna que é acompanhada pela extensão do joelho. Um pouco antes do contato com o solo, o torque pode ser exercido pelos extensores do quadril, retardando a oscilação para a frente.

No início da oscilação do quadril para frente, o quadril, o joelho e o tornozelo estão em completa extensão. À medida que a perna oscila para a frente, aumenta a flexão de todas as articulações, principalmente ao nível do joelho e do tornozelo. Essa flexão, no joelho e no tornozelo, tem a finalidade de evitar que o pé arraste o solo. Quando o pé passa pela linha vertical do corpo, o quadril continua a se flexionar, porém o joelho se estende. Isso não é, necessariamente, uma extensão muscular ativa porque a inércia da perna, somada a uma ligeira retenção exercida no final da oscilação pelos extensores do quadril, intervém para estender o joelho. Na marcha rápida ou na corrida, a fase de oscilação requer menos tempo e os extensores do joelho atuam a fim de que esta articulação se estenda no momento em que o calcanhar tocar o solo.

O tornozelo se estende, ligeiramente depois de haver passado abaixo do centro de gravidade, e está próximo à sua posição normal quando o calcanhar toca o solo.

Combinação das fases de oscilação e de sustentação. Enquanto uma perna sustenta o corpo e o propulsiona para a frente, a outra oscila para a frente, aproximando-se do contato com o solo. Na marcha, o tempo requerido para a fase de oscilação nunca excede o da fase de sustentação. Quando se caminha lentamente, há uma superação das duas fases e os dois pés podem estar em contato com o solo até durante 30 por cento do tempo. À medida que a velocidade aumenta, a fase de sustentação é encurtada muito mais do que a fase de oscilação e o período de superposição, ou de duplo apoio, diminui ou desaparece, completamente. Quando o tempo requerido para a fase de sustentação torna-se menor do que o necessário para a fase de oscilação, as fases de oscilação se superposição, ou de duplo apoio, diminui ou desaparece, completamente. Quando o tempo requerido para a fase de sustentação torna-se menor do que o necessário para a fase de oscilação se superpõem e ocorrem períodos em que os dois pés estão sem contato com o solo. Nesse ponto o indivíduo para de caminhar e começa a correr.

Movimentos verticais do quadril. Devido ao fato de que as pernas se alternam, ritmicamente, com períodos de sustentação e de não sustentação, a pelve se encontra apoiada, alternativamente, ora num lado ora no outro. Se a progressão for lenta, haverá períodos de apoio nos dois lados. Como o grau de apoio depende da rapidez da progressão, é difícil proporcionar

uma descrição apurada dos movimentos verticais da pelve durante a marcha. A pelve se encontra no seu ponto mais alto no lado de sustentação quando o centro de gravidade está diretamente sobre o ponto de apoio. O ponto mais inferior encontra-se na fase de oscilação da perna para a frente, pouco antes do pé tocar no solo. As condições intermediárias dependem da duração do período de duplo apoio.

Rotação da pelve e das pernas. Quando a perna oscilante avança, a pelve do mesmo lado é levada para a frente, numa amplitude maior do que o lado oposto. Quando a outra perna oscila para a frente, essa situação se repete, porém o lado oposto é o envolvido. A amplitude de rotação produzida dessa maneira vai variar muito dependendo, principalmente, da largura e da rapidez da marcha ou da corrida.

Quando a perna oscila para a frente e esse lado da pelve avança e gira, o pé deveria fazer uma rotação interna, caso a coxa não girasse, simultaneamente, para a frente como na marcha normal. Da mesma forma, depois que o pé entra em contato como solo, há uma quantidade de rotação interna igual durante a fase de sustentação a fim de compensar a rotação oposta da pelve.

A rotação pélvica tem sido enfatizada pelos treinadores da marcha e da corrida competitiva sendo conhecida, geralmente, como o “giro do quadril”. Um ótimo giro da quadril melhora a eficiência da corrida, aumentando o comprimento do passo e a duração de aplicação da força pela perna propulsora.

Movimento dos ombros, braços, e cabeça. Quando um lado da pelve se move para frente, durante a fase de oscilação, ombro desse lado cai para trás para compensar a rotação pélvica. Os braços também oscilam em sentido contrário aos movimentos da perna. A ação do braço no plano ântero - posterior serve para reduzir a rotação dos ombros. Tal demonstração pode ser feita mantendo-se os braços junto às coxas e observando-se o aumento da oscilação dos ombros. Reduzindo-se a oscilação dos ombros, os braços contribuem indiretamente para manter a cabeça voltada para frente, pois, do contrário, os rotadores da cabeça e do pescoço fariam enorme trabalho para conseguir isto. Durante a marcha normal a oscilação dos braços para frente é de 20°, aproximadamente; e a oscilação para trás é de 9°. A primeira é realizada muito mais por

alguns rotadores internos (redondo maior, porção superior do grande dorsal e subescapular) do que pelos flexores; a oscilação para trás é realizada por alguns extensores e rotadores externos.

A oscilação do braço tende a ser ligeiramente transversal, característica esta que se acentua se o indivíduo for pequeno com os ombros largos. Os movimentos laterais dos braços ajudam na compensação dos movimentos laterais do corpo causados pela oscilação das pernas e pelo fato de que o corpo é sustentado, primeiro, sobre um lado e, depois, sobre o outro. Durante a marcha lenta, os braços oscilam livremente nos lados do corpo e a ação muscular é pequena. À medida que a velocidade aumenta, também, a frequência da oscilação do braço tornando a marcha muito mais complexa e vigorosa. Com o aumento da velocidade, há uma tendência maior em fazer a propulsão dos braços com maior violência e o cotovelo os flexiona a fim de encurtar os braços permitindo o movimento alterno mais rápido que assim é exigido.

A cabeça não se move para frente com a mesma velocidade do tronco. Sua velocidade é um pouco menor que a do tronco quando o corpo é impulsionado para frente pela perna, sendo ligeiramente maior quando não é exercida qualquer força propulsora. Essas variações da velocidade da cabeça são insignificantes quando se caminha, porém acentuam-se, consideravelmente, na corrida.

A Corrida

A diferença essencial entre a marcha e a corrida é a ausência de um período de sustentação dupla e a presença de um período sem sustentação no qual nenhum dos pés está em contato com o solo. Por essa razão, a corrida é, às vezes, descrita como uma série de saltos nos quais o corpo se apoia alternadamente, primeiro sobre um pé e, depois, sobre o outro.

Tanto a frequência como a amplitude do passo, aumentam com a raiz quadrada da velocidade de progressão. Quando a velocidade de locomoção atinge 6,4 km/h, a corrida torna-se menos fatigante do que a marcha forçada, embora aumente o consumo de energia. Isso resulta, principalmente, do fato de que a maior parte da energia consumida para elevar o corpo é utilizada

para impulsionar o corredor para frente, o que não ocorre na marcha. Há, ainda, um ganho adicional referente à redução dos movimentos do braço e do ombro.

Na corrida, naturalmente, não existe uma velocidade ótima. Pelo simples ato de começar a correr, o indivíduo excede o índice mais econômico da locomoção horizontal e o gasto de energia aumenta, à medida que aumenta a velocidade. Na corrida, numa velocidade máxima, as pernas trabalham à razão de aproximadamente, 2,95 HP.

A fim de obter uma maior velocidade característica da corrida, deve-se exercer uma força muito maior na direção horizontal. A força vertical também aumenta, mas não numa proporção tão grande. Com o objetivo de conseguir isso, o ângulo que a perna forma com o solo durante a extensão é menor e a pelve, necessariamente, fica numa posição mais baixa.

A força adiciona proporcionada pelos extensores da perna propulsora a este novo ângulo requer e produz várias alterações na mecânica da corrida quando comparada com a marcha. Por outro lado, deve ser reconhecido que a velocidade da corrida pode variar desde a mais lenta, até o esforço extremo de um velocista e que as modalidades mecânicas não são semelhantes.

A posição mais baixa da pelve obriga a uma flexão maior do joelho da perna de sustentação, quando o centro de gravidade do tronco passa sobre o ponto de sustentação. Esse aumento de flexão torna possível uma extensão mais poderosa da perna propulsora. O maior impulso da perna aumenta o comprimento do passo. A maior velocidade, somada com o período em que não há apoio, resulta num maior impacto quando o pé da perna oscilante toca o solo. Para minimizar o choque, o pé oscilante não toca o solo com o calcanhar como ocorre na marcha.

A perna atinge uma extensão completa, iniciando o retrocesso antes de se estabelecer contato com o solo. Essa alteração do ângulo de impacto permite que o primeiro contato com o solo seja feito com a parte anterior do pé no momento do contato do que poderia estar no outro caso. Quanto maior for a velocidade da corrida menor será a restrição causada pelo contato do pé da perna oscilante.

Quando o centro de gravidade do corpo passa a perna de sustentação, o calcanhar pode, ou não, ser pressionado contra o solo. Na corrida lenta, geralmente, o calcanhar entra em contato com o solo, enquanto que em corridas de velocidade máxima o calcanhar pode não tocar o solo nenhuma vez.

Quando a perna de sustentação atinge extensão completa o pé se eleva do solo, o joelho é muito mais flexionado do que na marcha e o pé é elevado para trás numa grande amplitude. Isso, com efeito, serve para encurtar a perna oscilante, reduzindo a quantidade de força necessária para levar a perna para frente. Consequentemente, o corredor, exercendo um esforço máximo, assim, consideravelmente, sua velocidade. Isso é importante porque a duração da oscilação da perna para frente pode ser um fator limitante da velocidade total. Maior flexão do joelho é, também, necessária para que a perna oscilante não toque o solo devido ao nível mais baixo da pelve.

A ação do braço tem a mesma finalidade que na marcha, porém deve ser realizada com uma velocidade muito maior a fim de se manter em fase com o movimento mais rápido das pernas. Isso é realizado mediante um grande aumento do esforço muscular e pela flexão do braço e do cotovelo. Como sucede na flexão do joelho na fase de oscilação da perna, a flexão serve para encurtar o braço e permitir maior velocidade. A tendência de levar o braço através do corpo acentua-se com a velocidade.

As características mecânicas da corrida, como a marcha, podem apresentar consideráveis modificações.

Parte 4: Teleoperação Mioelétrica de uma prótese robótica antropomórfica

Introdução

Para se efetuar o controle de uma prótese mioelétrica, concluiu-se a partir de inúmeras experiências que o sistema de Teleoperação é um dos modos mais indicados. A Teleoperação de uma prótese robotizada de um membro tanto inferior quanto superior tem como que por princípio de operação a conversão dos sinais mioelétricos, obtidos geralmente por operação de músculos durante o movimento, em comandos para o robô reaplicando o movimento no sistema servo-controlado. Próteses Mioelétricas de mão têm usado esta interface por mais de duas décadas, porém, a viabilidade desta aproximação para comando de mais de um grau de liberdade, como no ato do modelo da mão mioelétrica segurar “beliscando” a um objeto, ainda se encontra em atual questionamento.

Um estudo literário extensivo de controle mioelétrico indica que tanto na tarefa da teleoperação quanto no desenvolvimento de próteses, existe a necessidade premente do avanço do estado da arte do Controle Mioelétrico, priorizando o posicionamento e a apreensão, sendo fundamental que se faça a análise do processamento da aproximação de sinais mioelétricos, aparato de coleta de dados, e a implementação de teleoperação em tempo real.

Atualmente, os controladores de braços protéticos não apresentam acuracidade, portaticidade nem leveza, sendo que em sua operação tem-se o problema de interferência em alguns movimentos semelhantes que o operador tem para comando. Além do mais, não oferece um caminho de comando de força com relação à posição. A partir destas justificativas, estamos interessados em otimizar e viabilizar a utilização de sinais mioelétricos para teleoperação do sistema antropomórfico a ser desenvolvido.

Na tarefa de sensoriamento de sinais, a utilização de eletrodos hipodérmicos dispostos nas regiões das terminações nervosas dos dados grupos musculares no braço de um operador é o modo mais adequado da coleta de sinais, pois não possui restrição de movimento, apresentando maior precisão de excitação.

Assim, o primeiro objetivo de teleoperação mioelétrica envolveria a determinação do movimento do braço do operador a partir de sinais mioelétricos medidos do braço controlador (Mestre) de preferencia ou outro sistema muscular qualquer do corpo e o segundo e mais ambicioso, a utilização destes sinais na detecção das forças exercidas por um braço operador a partir de um exoesqueleto ativo medidor de posição.

A partir deste princípio, partindo do pressuposto que uma interface com o usuário deve ser intuitiva priorizando a não fadiga do paciente, viabilizaria o uso prático do dispositivo em um prazo maior do que a dos equipamentos desenvolvidos para estes fins até o presente momento na área de Engenharia Biomédica.

O trabalho da teleoperação mioelétrica tem como por objetivo apresentar elementos teóricos fundamentais para o desenvolvimento de técnicas que permitam futuramente implementar o controle mioelétrico dos grupos musculares que acionam os membros superiores e inferiores gerenciando o processo de estimulação mioelétrica artificial como também comandar um sistema articular artificial (prótese robótica). Neste intento, são enfatizadas técnicas de processamento de sinais mioelétricos que deverão resultar em um controle intuitivo de membros artificiais.

Atualmente, todos os sistemas de controle de controle mioelétrico de membros artificiais encontram certa deficiência em sua implementação. Muitos algoritmos propostos são complexos ou requerem sofisticados sensores, muitas vezes indisponíveis.

Para solucionar esta questão, sugere-se para uma mão artificial, por exemplo, um pequeno conjunto de apreensões básicas primitivas, cada uma constituída de um algoritmo computacional relativamente simples. Esta aproximação parece bem aceitável para ser aplicada em teleoperação, pois, reduz o problema a um pequeno conjunto de sinais mioelétricos.

Esta técnica é possível a partir da identificação do sinal mioelétrico característico de cada forma primitiva, os quais são distintos entre si. A partir disso, estes “ruídos elétricos” são utilizados para teleoperar ao robô antropomórfico.

Trabalhando na pesquisa da ação da mão humana, os pesquisadores no ramo de próteses concluíram que a função de preensão da mão humana pode se resumir em cinco formas importantes de apreensões, aplicadas nas atividades pessoais diárias:

1. Preensão em pinça tripla usada para apreender pequenos objetos;
2. Preensão lateral, mais freqüentemente chamada uma apreensão em chave devido a ela ser usada para segurar uma chave enquanto se abre uma porta, por exemplo;
3. Preensão em gancho, usada para carregar objetos como livros ou uma pasta de documentos;
4. Preensão esférica, onde o polegar e os outros dedos envolvem um objeto esférico;
5. Preensão cilíndrica, onde o polegar e os outros dedos envolvem um objeto cilíndrico.

Próteses ativas de Mãos

As próteses de mãos elétricas comercialmente disponíveis na atualidade são capazes de efetuar preensões em forma de mandrilhamento, a partir a abertura de seus dedos como se fossem duas mandíbulas, possibilitando a apreensão cilíndrica. Próteses mais avançadas têm incorporado apreensão em mandril e chave, com opções de apreensão esférica e cilíndrica providas por dedos passivos. Alguns projetos incorporam controle suficiente do polegar para escolher-se apreensões em mandril, chave e dorsal. Somente alguns protótipos experimentais apresentam controle individual dos dedos. Neste intento, exploraremos novo caminho em comando mioelétrico de apreensão primitiva e controle individual dos dedos e do polegar.

Detalhes fisiológicos do Controle Mioelétrico de próteses

É fundamental se focar para o efeito de controle mioelétrico de uma prótese o estudo para a descrição de detalhes fisiológicos e matemáticos do desenvolvimento de um sinal mioelétrico durante uma contração muscular. Em resumo, um eletrodo colocado sobre a superfície da pele pode medir a passagem de um potencial de ação propagando ao longo das

fibras musculares da região no qual este foi disposto. As fibras do músculo esquelético são inervadas (e assim estimulada para ajuste) em pequenos grupos conhecidos como unidades motoras singulares (UMSs). Ao menor grupo voluntário contrátil. Um potencial de ação singular em uma UMS é associado com um tique nervoso (beliscão): contrações sustentadas requerem disparos repetidos resultando em uma linha de potenciais de ação de uma UMS. Quanto maior é a força necessária, mais UMSs são lidos ou recrutados. Um eletrodo grava a quantia de todos estes potências de ação depois eles propagam de um extremo ao outro do tecido para a superfície da pele.

Comercialmente, os mioprocessadores mais usados em controle de próteses são atualmente embasados somente em uma dimensão do sinal mioelétrico, a variação ou baixo valor absoluto (que é diretamente relacionado a uma variação). Uns poucos sistemas usam uma taxa de conversão da variação de um sinal mioelétrico. Pesquisas têm refinado com êxito a variação da estimativa de sinal mioelétrico, formando uma base de controle de múltiplas funções usando diferentes níveis de variação em um único canal.

Para o refinamento da precisão de controle é fundamental a eliminação de ruídos de baixa frequência de uma variação estimada devido a uma amostragem de espaço temporal, artefato inevitável com eletrodos de superfície de pele. Algumas próteses mioelétricas refinaram o uso de uma taxa de mudança de baixos valores absolutos no controle de cotovelo de um braço mioelétrico. Em uma versão de uma mão sueca é usado o índice de variação de baixos valores absolutos para chavear funções de controle. É fundamental a investigação destas estimativas de variação para que possa ser possível a aplicação de um controle proporcional em uma preensão de um objeto, por exemplo.

Estas técnicas de estimativa de variação requerem uma contratação separável muscular para cada função comandada, fazendo controle simultâneo de duas ou mais juntas é muito difícil. Esta estimativa de variância abordada requer no mínimo um par de eletrodos e um canal de processamento de sinal para cada músculo usado, superior a doze em alguns experimentos acima do cotovelo. Além disso, a estimativa de variação do mioprocessador pode ser usada somente em músculos superficiais, ao passo que muitos movimentos envolvem tanto músculos superficiais

quanto músculos profundos. De fato, a atividade de um músculo profundo estimada pelo mioprocessador é erroneamente interpretada como a atividade de um músculo superficial.

Assim, o controle simultâneo prévio de sistemas multifuncionais baseados na filosofia da variância de estimação requer tediosas adaptações para cada indivíduo. Assim, após extensivos treinamentos, testes clínicos de próteses multifuncionais embasadas na abordagem mostraram que o amputado deve concentrar em uma contração para reproduzir coerentemente modelos mioelétricos desejados. O esforço envolvido na tarefa resulta em rejeição dos amputados após certo tempo. Isto mostra que há a necessidade da exploração de todas as informações possíveis em um sinal mioelétrico, não exatamente uma estimativa de variação ou baixos valores absolutos, em ordem para obter sensibilidade multifuncional que é intuitivamente fácil de ser usada.

Algumas pesquisas têm considerado as características da forma e espectro da variância de um sinal mioelétrico em adição a variância. Recentes ferramentas permitem se possa entender os códigos da informação contida em um espectro mioelétrico. A ordem de recrutamento de SMU é estável para uma dada tarefa. O espectro de sinais mioelétricos associados a um curto tempo com um dado movimento rápido não variam muito como se supunha nos estudos primordiais de neurofisiologia.

Atualmente, o espectro pleno de um sinal mioelétrico tem sido examinado usando técnicas envolvendo modelos estatísticos e análises espectrais, inclusive já foram relatadas evidências de movimentos tendo distintos sinais espectrais. Recentemente está sendo utilizada a forma do espectro relacionado em uma fase inicial de recrutamento muscular de movimentos do braço para selecionar a cima de seis funções de uma prótese de membro superior de um sinal mioelétrico, sendo possível ainda ampliar este horizonte, a partir da aplicações de lógica nebulosa e controle por redes neurais artificiais.

Anexo II

Modelagem Cinemática e simulação computacional

Parte 1: Links, Juntas e seus parâmetros

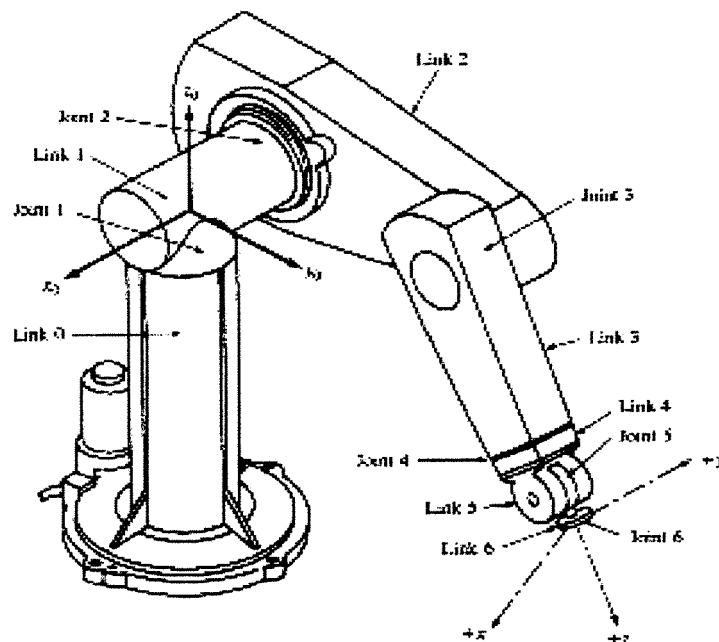


fig. 1 - Ilustração de juntas e links de um manipulador PUMA 560.

Um manipulador mecânico consiste de uma links, conectados por juntas prismáticas ou revolutas. Cada par junta-link constitui um grau de liberdade. Assim, para um manipulador de N graus de liberdade, temos N pares junta-link com link 0 (não considerado parte do robô) atachado a uma base de suporte onde um frame der coordenadas inerciais é usualmente estabelecido para este sistema dinâmico, e o último link é atachado com a ferramenta.

As juntas e links são numerados exteriormente desde a base; assim 1 é o ponto de conexão entre o link 1 e o suporte de base. Cada link é conectado para, no mais, dois outros de modos que não são formados laços fechados.

Em geral, dois links são conectados por uma junta que tem duas superfícies escorregadias uma sobre a outra remanescentes em contato.

Um eixo de junta (para junta i) é estabelecido na conexão de dois links. Estes eixos de juntas devem ter duas normais conectadas neles, uma para cada um dos links. A posição relativa destes dois tais links conectados (link $i-1$ e link i) é dada por d_i que é a distância medida ao longo do eixo da junta entre as normais. O ângulo de junta θ_i entre as normais é medido em um plano normal ao eixo da junta. Assim, d_i e θ_i podem ser chamados a distância e o ângulo entre links adjacentes, respectivamente. Eles determinam a posição relativa de links vizinhos.

Um link i ($i = 1, \dots, 6$) é conectado em, no máximo, dois outros links (isto é, link $i-1$ e link $i+1$); assim, dois eixos de junta são estabelecidos em ambos terminais de conexão. O significado dos links, de um ponto de vista cinemático, é que eles mantêm uma configuração fixa entre suas juntas que podem ser caracterizadas por dois parâmetros: a_i e α_i . O parâmetro a_i é a menor distância medida ao longo da normal comum entre os eixos de junta (isto é, os eixos z_{i-1} e z_i para a junta i e junta $i+1$, respectivamente) Assim, a_i e α_i , podem ser chamados comprimento e ângulo de twist (torção) do link i , respectivamente. Eles determinam a estrutura do link i .

Em suma, quatro parâmetros : a_i , α_i , d_i , θ_i são associados com cada link do manipulador. Se for estabelecida uma significativa convenção de sinais para cada um deste parâmetros, estes constituem um conjunto suficiente para determinar a configuração cinemática de cada link de um braço robô. Note que estes quatro parâmetros aparecem em pares:

- (a_i , α_i) que determinam a estrutura do link e os parâmetros da junta
- (d_i , θ_i) que determinam a posição relativa de links vizinhos.

Representação de Denavit - Hartenberg

Para descrever a translação e rotação entre dois links adjacentes, Denavit e Hartenberg propuseram um método matricial de estabelecimento sistemático de um sistema de coordenadas (frame atachado no corpo) para cada link de uma cadeia articulada.

A representação de Denavit - Hartenberg resulta em uma matriz de transformação homogênea 4×4 representando cada sistema de coordenadas do link na junta com respeito ao sistema de coordenadas do link prévio. Assim, transformações sequenciais sem interrupção, e efeitos do final expressos nas “coordenadas da mão” podem ser transformados e expressos nas “coordenadas da base” que fazem o acima frame inercial do sistema dinâmico.

Um sistema de coordenadas cartesianas ortonormal (x_i, y_i, z_i) pode ser estabelecido para cada link no seu eixo de junta, onde $i = 1, 2, \dots, n$ (n = número de graus de liberdade) mais o frame de coordenadas da base. Assim, uma junta rotacional tem somente 1 grau de liberdade, cada frame de coordenadas (x_i, y_i, z_i) do braço do robô corresponde a junta $i + 1$ e é fixo no link i .

Quando o acionador ativa a junta i , o link i deve mover-se com relação ao link $i-1$. Desde então o i -ésimo sistema de coordenadas é fixo no link i , ele move junto com o link i . Assim, o n -ésimo frame de coordenadas move com a mão (link n). As coordenadas da base são definidas como o frame de coordenadas 0 (x_0, y_0, z_0) que é também o frame inercial de coordenadas do braço do robô.

Todo frame de coordenadas é determinado e estabelecido baseado em três regras:

- 1.O eixo z_{i-1} é colocado ao longo do eixo de movimento da junta i .
- 2.O eixo x_i é normal ao eixo z_{i-1} , e apontando para fora dele.
- 3.o eixo y_i completa o sistema utilizando a regra da mão direita.

Por estas regras, temos ainda que:

- 1.É livre a escolha da colocação do frame de coordenadas em qualquer parte da base de suporte, enquanto que a posição do eixo z_0 é a do eixo de movimento da primeira junta.

2.O último frame de coordenadas (n-ésimo frame) pode ser posto em qualquer parte da mão, enquanto que o eixo x_n é normal ao eixo z_{n-1} .

A representação D-H de um link rígido depende em quatro parâmetros associados com cada link. Estes quatro parâmetros descrevem completamente uma junta prismática ou revoluta.

Referindo-nos a figura 3, estes quatro parâmetros são definidos como se segue:

- θ_i é o ângulo de junta feito entre os eixos x_{i-1} e x_i no eixo z_{i-1} (usar a regra da mão direita).
- d_i é a distância entre a origem do (i-1)-ésimo frame de coordenadas até a interseção do eixo z_{i-1} com o eixo x_i ao longo do eixo z_{i-1} .
- a_i é a distância offset entre a interseção do eixo z_{i-1} com o eixo x_i até a origem o i-ésimo frame ao longo do eixo x_i (ou a menor distância entre os eixos z_{i-1} e z_i).
- α_i é o ângulo offset entre os eixos z_{i-1} e z_i medidos no eixo x_i (usando a regra da mão direita).

Para uma junta rotacional, d_i , a_i , e α_i são os parâmetros da junta e que muda quando o link i se move (ou rotacional) com respeito ao link $i-1$. Para uma junta prismática, θ_i , a_i e α_i são os parâmetros da junta, enquanto d_i é a variável de junta.

Algoritmo para Designação do sistema de coordenadas para o link.

Dado um manipulador de n graus de liberdade, este algoritmo determina um sistema de coordenadas ortonormais para cada link do braço do robô de acordo com as configurações geométricas do braço humano. Esta classificação destes sistemas de coordenadas iniciam-se pela base de suporte indo em direção do efetuador terminal do braço do robô. As relações entre os links adjacentes podem ser representadas por uma matriz de transformação homogênea 4×4 . O significado desta designação é o que deve auxiliar no desenvolvimento de um procedimento consistente para derivar a solução no espaço de junta. (É importante notar que a determinação do sistema de coordenadas não é única).

Algoritmo:

D1. Estabelecer sistema de coordenadas da base.

Estabelecer um sistema ortonormal de coordenadas (x_0, y_0, z_0) na base de suporte com o eixo z_0 colocado ao longo do eixo de movimento da junta 1 apontando para o ombro do braço do robô. Os eixos x_0 e y_0 podem ser convenientemente estabelecidos e são normais ao eixo z_0 .

D2. Inicialização e loop.

Para cada $i, i = 1, \dots, n-1$, efetuar passos D3 até D6.

D3. Estabelecer o eixo das juntas.

Alinhar z_i com o eixo de movimento (rotativo ou correção) da junta $i+1$. Para robôs tendo configurações de braço esquerdo-direito, os eixos z_1 e z_2 são apontados sempre para o ombro e o tronco do braço do robô.

D4. Estabelecer a origem do i -ésimo sistema de coordenadas. Situar a origem do i -ésimo sistema de coordenadas na interseção dos eixos z_i e z_{i-1} ou na interseção da normal comum entre os eixos z_i e z_{i-1} e o eixo z_i .

D5. Estabelecimento do eixo x_i .

Estabelecer $x_i = \pm (z_{i-1} \times z_i) / \|z_{i-1} \times z_i\|$ ou ao longo da normal comum entre os eixos z_i e z_{i-1} quando eles forem paralelos.

D6. Estabelecimento do eixo y_i .

Determina-se $y_i = \pm (z_i \times x_i) / \|z_i \times x_i\|$ para completar o sistema de coordenadas. (Estender os eixos z_i e x_i se necessário para passos D9 a D12).

D7. Estabelecer a direção do sistema de coordenadas.

Normalmente a n -ésima junta é uma junta rotativa. Estabelecer z_n ao longo da direção do eixo z_{n-1} apontando para fora do robô. Estabelecer x_n assim que ele é normal tanto aos eixos z_{n-1} e z_n . Determine y_n para completar o sistema de coordenadas.

D8. Encontrar os parâmetros das juntas e links.

Para cada i , $i = 1, \dots, n$, efetuar passos D9 ao D12.

D9. Encontrar d_i .

d_i é a distância da origem do $(i-1)$ -ésimo sistema de coordenadas até a interseção do eixo z_{i-1} e o eixo x_i ao longo do eixo z_{i-1} . Ela é a variável de junta se a junta i é prismática.

D10. Encontrar a_i .

a_i é a distância da interseção do eixo z_{i-1} e o eixo x_i para a origem do i -ésimo sistema de coordenadas ao longo do eixo x_i .

D11. Encontrar θ_i .

θ_i é o ângulo de rotação entre os eixos x_{i-1} e x_i sobre o eixo z_{i-1} . Esta é a variável de junta se a junta é rotacional.

D12. Encontrar α_i .

α_i é o ângulo de rotação entre os eixos z_{i-1} e z_i no eixo x_i .

Uma vez os sistemas de coordenadas D-H tenham sido estabelecidos, uma matriz de transformação homogênea pode facilmente ser desenvolvida relacionando o i -ésimo ao $(i-1)$ -ésimo frame de coordenadas. Olhando na figura 3 é óbvio que um ponto r_i expresso no i -ésimo sistema de coordenadas pode ser expresso no $(i-1)$ -ésimo sistema de coordenadas como r_{i-1} aplicando as transformações sucessivamente expressas abaixo:

1. Rotacionar no eixo z_{i-1} um ângulo de θ_i para alinhar o eixo x_{i-1} com o eixo x_i (o eixo x_{i-1} é paralelo ao eixo x_i e aponta na mesma direção).
2. Transladar uma distância de d_i ao longo do eixo z_{i-1} para trazer os eixos x_{i-1} e x_i na coincidência.
3. Transladar ao longo do eixo x_i uma distância de a_i para trazer as duas origens também como o eixo x na coincidência.

4. Rotacionar no eixo x_i um angulo de α_i para trazer os dois sistemas de coordenadas na coincidência.

Cada uma destas quatro operações pode ser expressa por uma matriz homogênea de rotação-translação e o produto destas quatro matrizes de transformação básicas produzem uma matriz de transformação homogênea composta ${}^{i-1}A_i$, conhecida como matriz de transformação de D-H para frames de coordenadas adjacentes, i e $i-1$.

Assim,

$${}^{i-1}A_i = T_{z,d} T_{z,\theta} T_{x,\alpha} T_{x,a}$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i & 0 & 0 \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a_i \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha_i & -\sin\alpha_i & 0 \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \sin\alpha_i \sin\theta_i & a_i \cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & a_i \sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

E a inversa desta transformação é

$$[{}^{i-1}A_i]^{-1} = {}^iA_{i-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & \sin\theta_i & 0 & -a_i \\ -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & \sin\alpha_i & -d_i \sin\alpha_i \\ \sin\alpha_i \sin\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & \cos\alpha_i & -d_i \cos\alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

onde a_i , α_i , d_i são constantes, enquanto θ_i é a variável de junta para uma junta revoluta.

$$[{}^{i-1}A_i]^{-1} = {}^iA_{i-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & \sin\theta_i & 0 & -a_i \\ -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & \sin\alpha_i & -d_i \sin\alpha_i \\ \sin\alpha_i \sin\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & \cos\alpha_i & d_i \cos\alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Para uma junta prismática a variável de junta é d_i , enquanto a_i , α_i , θ_i são constantes. Neste caso, ${}^{i-1}A_i$ vem a ser

$${}^{i-1}A_i = T_{z,\theta} T_{z,d} T_{x,\alpha} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \sin\alpha_i \sin\theta_i & 0 \\ \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & 0 \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

e sua inversa é

$$[{}^{i-1}A_i]^{-1} = {}^iA_{i-1} = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & \sin\theta_i & 0 & 0 \\ -\cos\alpha_i \sin\theta_i & \cos\alpha_i \cos\theta_i & \sin\alpha_i & -d_i \sin\alpha_i \\ \sin\alpha_i \sin\theta_i & -\sin\alpha_i \cos\theta_i & \cos\alpha_i & -d_i \cos\alpha_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Usando a matriz ${}^{i-1}A_i$, podemos relacionar um ponto p_i no link i , e expressar em coordenadas homogêneas com respeito ao sistema de coordenadas i , para o sistema de coordenadas $i-1$ estabelecido no link $i-1$ por

$$p_{i-1} = {}^{i-1}A_i p_i$$

onde $p_{i-1} = (x_{i-1}, y_{i-1}, z_{i-1})$ e $p_i = (x_i, y_i, z_i)^T$.

Parte 2: Parâmetros do modelo cinemático antropomórfico

TABELA 1		
VETORES DE TRANSLAÇÃO		
CINTURA ESCAPULAR		
$L_1 = [0 \ 0 \ -60]^T$	$L_{14} = [0 \ 0 \ -5]^T$	$L_{24} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_2 = [-72 \ 0 \ 0]^T$	$L_{151} = [35 \ 0 \ 0]^T$	$L_{25} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_3 = [0 \ 155 \ 0]^T$	$L_{152} = [0 \ 0 \ -110]^T$	$L_{26} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_4 = [72 \ 0 \ 0]^T$	$L_{232} = [22 \ 0 \ 0]^T$	$L_{28} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_5 = [0 \ 40 \ 0]^T$	$L_{233} = [4 \ 0 \ 0]^T$	$L_{29} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_6 = [0 \ 0 \ -68]^T$	$L_{234} = [-15 \ 0 \ 0]^T$	$L_{30} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_7 = [0 \ -40 \ 0]^T$	$L_{235} = [-33 \ 0 \ 0]^T$	$L_{32} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_8 = [0 \ 0 \ -286]^T$	$L_{16} = [0 \ 0 \ -35]^T$	$L_{33} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_9 = [0 \ 0 \ -100]^T$	$L_{17} = [0 \ 10 \ 0]^T$	$L_{34} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_{10} = [0 \ 0 \ -148]^T$	$L_{18} = [10 \ 0 \ 0]^T$	$L_{36} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_{11} = [0 \ 0 \ -5]^T$	$L_{19} = [0 \ -10 \ 0]^T$	$L_{37} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_{12} = [0 \ 0 \ -5]^T$	$L_{20} = [0 \ 0 \ -25]^T$	$L_{38} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_{13} = [0 \ 0 \ -5]^T$	$L_{21} = [0 \ 0 \ -25]^T$	
CINTURA PÉLVICA		
$L_1 = [0 \ 0 \ -60]^T$	$L_{14} = [0 \ 0 \ -5]^T$	$L_{24} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_2 = [-72 \ 0 \ 0]^T$	$L_{151} = [35 \ 0 \ 0]^T$	$L_{25} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_3 = [0 \ 155 \ 0]^T$	$L_{152} = [0 \ 0 \ -110]^T$	$L_{26} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_4 = [72 \ 0 \ 0]^T$	$L_{232} = [22 \ 0 \ 0]^T$	$L_{28} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_5 = [0 \ 40 \ 0]^T$	$L_{233} = [4 \ 0 \ 0]^T$	$L_{29} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_6 = [0 \ 0 \ -68]^T$	$L_{234} = [-15 \ 0 \ 0]^T$	$L_{30} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_7 = [0 \ -40 \ 0]^T$	$L_{235} = [-33 \ 0 \ 0]^T$	$L_{32} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_8 = [0 \ 0 \ -286]^T$	$L_{16} = [0 \ 0 \ -35]^T$	$L_{33} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_9 = [0 \ 0 \ -100]^T$	$L_{17} = [0 \ 10 \ 0]^T$	$L_{34} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_{10} = [0 \ 0 \ -148]^T$	$L_{18} = [10 \ 0 \ 0]^T$	$L_{36} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_{11} = [0 \ 0 \ -5]^T$	$L_{19} = [0 \ -10 \ 0]^T$	$L_{37} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_{12} = [0 \ 0 \ -5]^T$	$L_{20} = [0 \ 0 \ -25]^T$	$L_{38} = [0 \ 0 \ -25]^T$
$L_{13} = [0 \ 0 \ -5]^T$	$L_{21} = [0 \ 0 \ -25]^T$	

TABELA 2

DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES ARTICULARES DAS JUNTAS DO MODELO GEOMÉTRICO

Cintura Escapular – Hemisfério Esquerdo			
Junta	Limites Angulares da Junta		Função
	Ângulo Mínimo	Ângulo Máximo	
q_1	0°	5°	Flexão e extensão da junta interna da clavícula
q_2	0°	30°	Abdução e adução da junta interna da clavícula
q_3	0°	140°	Flexão e extensão da junta externa da clavícula
q_4	0°	90°	Abdução e adução da junta externa da clavícula
q_5	0°	90°	Rotação lateral e medial da junta externa da clavícula
q_6	0°	155°	Flexão-extensão do cotovelo
q_7	0°	180°	Pronação-supinação do braço
q_8	0°	170°	Flexão e extensão do punho
q_9	0°	55°	Flexão lateral e medial do punho (guinado)
q_{10}	0°	90°	Abdução e adução do polegar
q_{11}	0°	45°	Flexão lateral e medial do polegar
q_{12}	0°	90°	Rotação lateral e medial do polegar
q_{13}	0°	120°	Flexão e extensão da articulação metacarpofalangiana do indicador
q_{14}	0°	90°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana proximal do indicador
q_{15}	0°	45°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana distal do indicador
q_{16}	0°	120°	Flexão e extensão da articulação metacarpofalangiana do médio
q_{17}	0°	90°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana proximal do médio
q_{18}	0°	45°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana distal do médio
q_{19}	0°	120°	Flexão e extensão da articulação metacarpofalangiana do anelar
q_{20}	0°	90°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana proximal do anelar
q_{21}	0°	45°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana distal do anelar
q_{22}	0°	120°	Flexão e extensão da articulação metacarpofalangiana do mínimo
q_{23}	0°	90°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana proximal do mínimo
q_{24}	0°	45°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana distal do mínimo

TABELA 3

DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES ARTICULARES DAS JUNTAS DO MODELO GEOMÉTRICO

Cintura Escapular – Hemisfério Direito			
Junta	Limites Angulares da Junta		Função
	Ângulo Mínimo	Ângulo Máximo	
q ₃₁	0°	- 5°	Flexão e extensão da junta interna da clavícula
q ₃₂	0°	30°	Abdução e adução da junta interna da clavícula
q ₃₃	0°	140°	Flexão e extensão da junta externa da clavícula
q ₃₄	0°	90°	Abdução e adução da junta externa da clavícula
q ₃₅	0°	- 90°	Rotação lateral e medial da junta externa da clavícula
q ₃₆	0°	155°	Flexão-extensão do cotovelo
q ₃₇	0°	- 180°	Pronação-supinação do braço
q ₃₈	0°	170°	Flexão e extensão do punho
q ₃₉	0°	55°	Flexão lateral e medial do punho (guinado)
q ₄₀	0°	- 90°	Abdução e adução do polegar
q ₄₁	0°	45°	Flexão lateral e medial do polegar
q ₄₂	0°	90°	Rotação lateral e medial do polegar
q ₄₃	0°	120°	Flexão e extensão da articulação metacarpofalangiana do indicador
q ₄₄	0°	90°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana proximal do indicador
q ₄₅	0°	45°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana distal do indicador
q ₄₆	0°	120°	Flexão e extensão da articulação metacarpofalangiana do médio
q ₄₇	0°	90°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana proximal do médio
q ₄₈	0°	45°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana distal do médio
q ₄₉	0°	120°	Flexão e extensão da articulação metacarpofalangiana do anelar
q ₅₀	0°	90°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana proximal do anelar
q ₅₁	0°	45°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana distal do anelar
q ₅₂	0°	120°	Flexão e extensão da articulação metacarpofalangiana do mínimo
q ₅₃	0°	90°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana proximal do mínimo
q ₅₄	0°	45°	Flexão e extensão da articulação interfalangiana distal do mínimo

TABELA 4**Tabela 5**
DESCRIÇÃO DAS FUNÇÕES ARTICULARES DAS JUNTAS DO MODELO GEOMÉTRICO

Cintura Pélvica – Hemisfério Esquerdo			
Junta	Limites Angulares da Junta		Função
	Ângulo Mínimo	Ângulo Máximo	
q₁	-30°	30°	Junção central do quadril com a coluna vertebral
q₂	-30°	45°	abdução e adução da coxa em relação a bacia
q₃	-30°	90°	flexão e extensão da coxa em relação a bacia
q₄	-30°	30°	rotação medial e lateral da coxa em relação a bacia
q₅	-120°	0°	flexão e extensão da Perna em relação a coxa
q₆	-45°	45°	rotação medial e lateral da perna
q₇	-30°	30°	flexão e extensão do pé em relação a perna (mergulho)
q₈	-10°	10°	flexão-extensão lateral e medial do pé, em relação a perna (guinado)
q₉	0°	10°	Flexão-Extensão társica – movimento integrado dos dedos
q₁₀	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 1
q₁₁	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 1 Proximal
q₁₂	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 1
q₁₃	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 1
q₁₄	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 2
q₁₅	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 2 Proximal
q₁₆	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 2
q₁₇	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 2
q₁₈	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 3
q₁₉	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 3 Proximal
q₂₀	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 3
q₂₁	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 3
q₂₂	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 4
q₂₃	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 4 Proximal
q₂₄	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 4
q₂₅	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 4
q₂₆	-5°	30°	Flexão-Extensão Metatársica - dedo 5
q₂₇	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial - dedo 5 Proximal
q₂₈	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Medial - dedo 5
q₂₉	-5°	30°	Flexão-Extensão Falangial Distal - dedo 5

TABELA 5

DESCRIÇÃO DOS PONTOS IMPORTANTES DO MEMBRO SUPERIOR (HEMISFÉRIO ESQUERDO)	
JUNTA INTERNA AO PULSO	PULSO AO DEDO INDICADOR
$O_1 = O_0$ $O_2 = O_1 + R_0 * L_1$ $O_3 = O_2 + R_0 * L_2$ $O_4 = O_3 + R_0 * L_3$ $O_5 = O_4 + R_{01} * L_4$ $O_6 = O_5 + R_{02} * L_5$ $O_7 = O_6 + R_{02} * L_6$ $O_8 = O_7 + R_{03} * L_7$ $O_9 = O_8 + R_{04} * L_8$ $O_{10} = O_9 + R_{04} * L_9$ $O_{11} = O_{10} + R_{05} * L_{10}$ $O_{12} = O_{11} + R_{06} * L_{11}$ $O_{13} = O_{12} + R_{07} * L_{12}$ $O_{14} = O_{13} + R_{08} * L_{13}$ $O_{15} = O_{14} + R_{08} * L_{14}$ $O_{16} = O_{15} + R_{09} * L_{15}$ $O_{17} = O_{16} + R_{09} * L_{16}$	$O_{26} = O_{25} + R_{09} * L_{25}$ $O_{27} = O_{26} + R_{013} * L_{26}$ $O_{28} = O_{27} + R_{014} * L_{27}$ $O_{29} = O_{28} + R_{015} * L_{28}$
	PULSO AO DEDO MEDIO
	$O_{30} = O_{25} + R_{09} * L_{29}$ $O_{31} = O_{30} + R_{016} * L_{30}$ $O_{32} = O_{31} + R_{017} * L_{31}$ $O_{33} = O_{32} + R_{018} * L_{32}$
PULSO AO DEDO POLEGAR	PULSO AO DEDO ANELAR
$O_{18} = O_{17} + R_{09} * L_{17}$ $O_{19} = O_{18} + R_{09} * L_{18}$ $O_{20} = O_{19} + R_{09} * L_{19}$ $O_{21} = O_{20} + R_{010} * L_{20}$ $O_{22} = O_{21} + R_{010} * L_{21}$ $O_{23} = O_{22} + R_{011} * L_{22}$ $O_{24} = O_{23} + R_{012} * L_{23}$	$O_{34} = O_{25} + R_{09} * L_{33}$ $O_{35} = O_{34} + R_{019} * L_{34}$ $O_{36} = O_{35} + R_{020} * L_{35}$ $O_{37} = O_{36} + R_{021} * L_{36}$
PONTO DE LIGACAO DOS DEDOS E BASE	PULSO AO DEDO MINIMO
$O_{25} = O_{17} + R_{09} * L_{24}$	$O_{38} = O_{25} + R_{09} * L_{37}$ $O_{39} = O_{38} + R_{22} * L_{38}$ $O_{40} = O_{39} + R_{23} * L_{39}$ $O_{41} = O_{40} + R_{24} * L_{40}$

TABELA 6

DESCRIÇÃO DOS PONTOS IMPORTANTES DO MEMBRO INFERIOR (HEMISFÉRIO ESQUERDO)	
JUNÇÃO CENTRAL DO QUADRIL COM A COLUNA VERTEBRAL	DEDO 2
$O_1 = O_0$	$O_{22} = O_{16} + R_{09} * L_{21}$ $O_{23} = O_{22} + R_{014} * L_{22}$ $O_{24} = O_{23} + R_{015} * L_{23}$ $O_{25} = O_{24} + R_{016} * L_{24}$ $O_{26} = O_{25} + R_{017} * L_{25}$
QUADRIL ATE TORNOZELO	DEDO 3
$O_2 = O_1 + R_{01} * L_1$ $O_3 = O_2 + R_{01} * L_2$ $O_4 = O_3 + R_{01} * L_3$ $O_5 = O_4 + R_{01} * L_4$ $O_6 = O_5 + R_{02} * L_5$ $O_7 = O_6 + R_{02} * L_6$ $O_8 = O_7 + R_{02} * L_7$ $O_9 = O_8 + R_{03} * L_8$ $O_{10} = O_9 + R_{04} * L_9$ $O_{11} = O_{10} + R_{05} * L_{10}$ $O_{12} = O_{11} + R_{06} * L_{11}$ $O_{13} = O_{12} + R_{07} * L_{12}$ $O_{14} = O_{13} + R_{08} * L_{13}$ $O_{15} = O_{14} + R_{08} * L_{14}$	$O_{27} = O_{16} + R_{09} * L_{26}$ $O_{28} = O_{27} + R_{018} * L_{27}$ $O_{29} = O_{28} + R_{019} * L_{28}$ $O_{30} = O_{29} + R_{020} * L_{29}$ $O_{31} = O_{30} + R_{021} * L_{30}$
PONTO DE LIGACAO PLANTA DO PE ATÉ OS DEDOS	DEDO 4
$O_{16} = O_{15} + R_{09} * L_{15}$	$O_{32} = O_{16} + R_{09} * L_{31}$ $O_{33} = O_{32} + R_{022} * L_{32}$ $O_{34} = O_{33} + R_{023} * L_{33}$ $O_{35} = O_{34} + R_{024} * L_{34}$ $O_{36} = O_{35} + R_{025} * L_{35}$
DEDO 1	DEDO 5
$O_{17} = O_{16} + R_{09} * L_{16}$ $O_{18} = O_{17} + R_{010} * L_{17}$ $O_{19} = O_{18} + R_{011} * L_{18}$ $O_{20} = O_{19} + R_{012} * L_{19}$ $O_{21} = O_{20} + R_{013} * L_{20}$	$O_{37} = O_{16} + R_{09} * L_{36}$ $O_{38} = O_{37} + R_{026} * L_{37}$ $O_{39} = O_{38} + R_{027} * L_{38}$ $O_{40} = O_{39} + R_{028} * L_{39}$ $O_{41} = O_{40} + R_{029} * L_{40}$

TABELA 7

Matrizes de Transformação Homogêneas (Rotação) dos Membros Superior e Inferior (Hemisfério Esquerdo)

$R_z(1) = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 \\ S_1 & C_1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$R_x(2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_2 & -S_2 \\ 0 & S_2 & C_2 \end{bmatrix}$	$R_x(3) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_3 & -S_3 \\ 0 & S_3 & C_3 \end{bmatrix}$	$R_y(4) = \begin{bmatrix} C_4 & 0 & S_4 \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_4 & 0 & C_4 \end{bmatrix}$	$R_z(5) = \begin{bmatrix} C_5 & -S_5 & 0 \\ S_5 & C_5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
$R_y(6) = \begin{bmatrix} C_6 & 0 & S_6 \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_6 & 0 & C_6 \end{bmatrix}$	$R_z(7) = \begin{bmatrix} C_7 & -S_7 & 0 \\ S_7 & C_7 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$R_x(8) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_8 & -S_8 \\ 0 & S_8 & C_8 \end{bmatrix}$	$R_y(9) = \begin{bmatrix} C_9 & 0 & S_9 \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_9 & 0 & C_9 \end{bmatrix}$	$R_z(10) = \begin{bmatrix} C_{10} & -S_{10} & 0 \\ S_{10} & C_{10} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
$R_y(11) = \begin{bmatrix} C_{11} & 0 & S_{11} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{11} & 0 & C_{11} \end{bmatrix}$	$R_x(12) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{12} & -S_{12} \\ 0 & S_{12} & C_{12} \end{bmatrix}$	$R_x(13) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{13} & -S_{13} \\ 0 & S_{13} & C_{13} \end{bmatrix}$	$R_x(14) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{14} & -S_{14} \\ 0 & S_{14} & C_{14} \end{bmatrix}$	$R_z(15) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{15} & -S_{15} \\ 0 & S_{15} & C_{15} \end{bmatrix}$
$R_x(16) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{16} & -S_{16} \\ 0 & S_{16} & C_{16} \end{bmatrix}$	$R_x(17) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{17} & -S_{17} \\ 0 & S_{17} & C_{17} \end{bmatrix}$	$R_x(18) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{18} & -S_{18} \\ 0 & S_{18} & C_{18} \end{bmatrix}$	$R_x(19) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{19} & -S_{19} \\ 0 & S_{19} & C_{19} \end{bmatrix}$	$R_z(20) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{20} & -S_{20} \\ 0 & S_{20} & C_{20} \end{bmatrix}$
$R_z(21) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{21} & -S_{21} \\ 0 & S_{21} & C_{21} \end{bmatrix}$	$R_z(22) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{22} & -S_{22} \\ 0 & S_{22} & C_{22} \end{bmatrix}$	$R_z(23) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{23} & -S_{23} \\ 0 & S_{23} & C_{23} \end{bmatrix}$	$R_z(24) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{24} & -S_{24} \\ 0 & S_{24} & C_{24} \end{bmatrix}$	$R_z(31) = \begin{bmatrix} C_{31} & -S_{31} & 0 \\ S_{31} & C_{31} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
$R_x(32) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{32} & -S_{32} \\ 0 & S_{32} & C_{32} \end{bmatrix}$	$R_y(33) = \begin{bmatrix} C_{33} & 0 & S_{33} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{33} & 0 & C_{33} \end{bmatrix}$	$R_z(34) = \begin{bmatrix} C_{34} & -S_{34} & 0 \\ S_{34} & C_{34} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$R_y(35) = \begin{bmatrix} C_{35} & 0 & S_{35} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{35} & 0 & C_{35} \end{bmatrix}$	$R_z(36) = \begin{bmatrix} C_{36} & -S_{36} & 0 \\ S_{36} & C_{36} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
$R_y(37) = \begin{bmatrix} C_{37} & 0 & S_{37} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{37} & 0 & C_{37} \end{bmatrix}$	$R_x(38) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C_{38} & -S_{38} \\ 0 & S_{38} & C_{38} \end{bmatrix}$	$R_y(39) = \begin{bmatrix} C_{39} & 0 & S_{39} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{39} & 0 & C_{39} \end{bmatrix}$	$R_y(40) = \begin{bmatrix} C_{40} & 0 & S_{40} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{40} & 0 & C_{40} \end{bmatrix}$	$R_y(41) = \begin{bmatrix} C_{41} & 0 & S_{41} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{41} & 0 & C_{41} \end{bmatrix}$
$R_y(42) = \begin{bmatrix} C_{42} & 0 & S_{42} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{42} & 0 & C_{42} \end{bmatrix}$	$R_y(43) = \begin{bmatrix} C_{43} & 0 & S_{43} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{43} & 0 & C_{43} \end{bmatrix}$	$R_y(44) = \begin{bmatrix} C_{44} & 0 & S_{44} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{44} & 0 & C_{44} \end{bmatrix}$	$R_y(45) = \begin{bmatrix} C_{45} & 0 & S_{45} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{45} & 0 & C_{45} \end{bmatrix}$	$R_y(46) = \begin{bmatrix} C_{46} & 0 & S_{46} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{46} & 0 & C_{46} \end{bmatrix}$
$R_y(47) = \begin{bmatrix} C_{47} & 0 & S_{47} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{47} & 0 & C_{47} \end{bmatrix}$	$R_y(48) = \begin{bmatrix} C_{48} & 0 & S_{48} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{48} & 0 & C_{48} \end{bmatrix}$	$R_y(49) = \begin{bmatrix} C_{49} & 0 & S_{49} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{49} & 0 & C_{49} \end{bmatrix}$	$R_y(50) = \begin{bmatrix} C_{50} & 0 & S_{50} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{50} & 0 & C_{50} \end{bmatrix}$	$R_y(51) = \begin{bmatrix} C_{51} & 0 & S_{51} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{51} & 0 & C_{51} \end{bmatrix}$
$R_y(52) = \begin{bmatrix} C_{52} & 0 & S_{52} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{52} & 0 & C_{52} \end{bmatrix}$	$R_y(53) = \begin{bmatrix} C_{53} & 0 & S_{53} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{53} & 0 & C_{53} \end{bmatrix}$	$R_y(54) = \begin{bmatrix} C_{54} & 0 & S_{54} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{54} & 0 & C_{54} \end{bmatrix}$	$R_y(55) = \begin{bmatrix} C_{55} & 0 & S_{55} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{55} & 0 & C_{55} \end{bmatrix}$	$R_y(56) = \begin{bmatrix} C_{56} & 0 & S_{56} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{56} & 0 & C_{56} \end{bmatrix}$
$R_y(57) = \begin{bmatrix} C_{57} & 0 & S_{57} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{57} & 0 & C_{57} \end{bmatrix}$	$R_y(58) = \begin{bmatrix} C_{58} & 0 & S_{58} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{58} & 0 & C_{58} \end{bmatrix}$	$R_y(59) = \begin{bmatrix} C_{59} & 0 & S_{59} \\ 0 & 1 & 0 \\ -S_{59} & 0 & C_{59} \end{bmatrix}$		

Parte 3: Resultados de simulação computacional dos movimentos dos membros superiores e inferiores

I. Teste Geométrico dos Membros Superiores do Modelo Antropomórfico

Junta Interna da Clavícula - Teste 1			Junta Interna da Clavícula - Teste 2		
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna da Clavícula - Teste 3			Junta Interna da Clavícula - Teste 4		
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 90			tet (2) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60
Ox (5) = 5	Oy (5) = -69	Oz (5) = 60	Ox (5) = 5	Oy (5) = 69	Oz (5) = 60
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (5) = 5	Oy (5) = -69	Oz (5) = 60	Ox (5) = 5	Oy (5) = 69	Oz (5) = 60
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = -1	Ax = 0	Nx = 0	Sx = -1	Ax = 0
Ny = 1	Sy = 0	Ay = 0	Ny = 1	Sy = 0	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna da Clavícula - Teste 5			Junta Interna da Clavícula - Teste 6		
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 90			tet (2) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Junta Externa da Clavícula - Teste 4					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Externa da Clavícula - Teste 5					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 90			tet (2) = 90		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 3	Oz (6) = 215	Ox (6) = -67	Oy (6) = -3	Oz (6) = 215
Ox (7) = 5	Oy (7) = 3	Oz (7) = 215	Ox (7) = 5	Oy (7) = -3	Oz (7) = 215
Ox (8) = 5	Oy (8) = 3	Oz (8) = 255	Ox (8) = 5	Oy (8) = -3	Oz (8) = 255
Ox (9) = 5	Oy (9) = 71	Oz (9) = 255	Ox (9) = 5	Oy (9) = -71	Oz (9) = 255
Ox (10) = 5	Oy (10) = 71	Oz (10) = 215	Ox (10) = 5	Oy (10) = -71	Oz (10) = 215
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (10) = 5	Oy (10) = 71	Oz (10) = 215	Ox (10) = 5	Oy (10) = -71	Oz (10) = 215
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Junta Externa da Clavícula - Teste 6					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 90			tet (3) = 90		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 158	Oz (8) = 100	Ox (8) = 5	Oy (8) = -158	Oz (8) = 100
Ox (9) = 5	Oy (9) = 226	Oz (9) = 100	Ox (9) = 5	Oy (9) = -226	Oz (9) = 100
Ox (10) = 5	Oy (10) = 226	Oz (10) = 60	Ox (10) = 5	Oy (10) = -226	Oz (10) = 60
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (10) = 5	Oy (10) = 226	Oz (10) = 60	Ox (10) = 5	Oy (10) = -226	Oz (10) = 60
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Junta Externa da Clavícula - Teste 7					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 90			tet (4) = 90		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = -63	Oy (9) = 198	Oz (9) = 60	Ox (9) = -63	Oy (9) = -198	Oz (9) = 60
Ox (10) = -63	Oy (10) = 158	Oz (10) = 60	Ox (10) = -63	Oy (10) = -158	Oz (10) = 60
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (10) = -63	Oy (10) = 158	Oz (10) = 60	Ox (10) = -63	Oy (10) = -158	Oz (10) = 60
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1	Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -1	Sz = 0	Az = 0	Nz = -1	Sz = 0	Az = 0

Junta Externa da Clavícula - Teste 8							
HemisférioEsquerdo				HemisférioDireito			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet (1) = 0				tet (1) = 0			
tet (2) = 0				tet (2) = 0			
tet (3) = 0				tet (3) = 0			
tet (4) = 0				tet (4) = 0			
tet (5) = 90				tet (5) = 90			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0		Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0		Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0		Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0		Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0	
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60		Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60	
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60		Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60	
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60		Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60	
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60		Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60	
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60		Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60	
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8		Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8	
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8		Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8		Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = 0	Sx = -1	Ax = 0		Nx = 0	Sx = -1	Ax = 0	
Ny = 1	Sy = 0	Ay = 0		Ny = 1	Sy = 0	Ay = 0	
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1		Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	

Junta Externa da Clavícula - Teste 9							
HemisférioEsquerdo				HemisférioDireito			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet (1) = 0				tet (1) = 0			
tet (2) = 90				tet (2) = 90			
tet (3) = 90				tet (3) = 90			
tet (4) = 0				tet (4) = 0			
tet (5) = 0				tet (5) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0		Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0		Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0		Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0		Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0	
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60		Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60	
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60		Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60	
Ox (6) = -67	Oy (6) = 3	Oz (6) = 215		Ox (6) = -67	Oy (6) = -3	Oz (6) = 215	
Ox (7) = 5	Oy (7) = 3	Oz (7) = 215		Ox (7) = 5	Oy (7) = -3	Oz (7) = 215	
Ox (8) = 5	Oy (8) = -37	Oz (8) = 215		Ox (8) = 5	Oy (8) = 37	Oz (8) = 215	
Ox (9) = 5	Oy (9) = -37	Oz (9) = 283		Ox (9) = 5	Oy (9) = 37	Oz (9) = 283	
Ox (10) = 5	Oy (10) = 3	Oz (10) = 283		Ox (10) = 5	Oy (10) = -3	Oz (10) = 283	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox (10) = 5	Oy (10) = 3	Oz (10) = 283		Ox (10) = 5	Oy (10) = -3	Oz (10) = 283	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0		Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	
Ny = 0	Sy = -1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = -1	Ay = 0	
Nz = 0	Sz = 0	Az = -1		Nz = 0	Sz = 0	Az = -1	

Junta Externa da Clavícula - Teste 10					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 90			tet (2) = 90		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 90			tet (4) = 90		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 3	Oz (6) = 215	Ox (6) = -67	Oy (6) = -3	Oz (6) = 215
Ox (7) = 5	Oy (7) = 3	Oz (7) = 215	Ox (7) = 5	Oy (7) = -3	Oz (7) = 215
Ox (8) = 5	Oy (8) = 3	Oz (8) = 255	Ox (8) = 5	Oy (8) = -3	Oz (8) = 255
Ox (9) = -63	Oy (9) = 3	Oz (9) = 255	Ox (9) = -63	Oy (9) = -3	Oz (9) = 255
Ox (10) = -63	Oy (10) = 3	Oz (10) = 215	Ox (10) = -63	Oy (10) = -3	Oz (10) = 215
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(10) = -63	Oy(10) = 3	Oz(10) = 215	Ox(10) = -63	Oy(10) = -3	Oz(10) = 215
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1	Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1
Ny = -1	Sy = 0	Ay = 0	Ny = -1	Sy = 0	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Cotovelo - Teste 11					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Ox (11) = 5	Oy (11) = 158	Oz (11) = -294	Ox (11) = 5	Oy (11) = -158	Oz (11) = -294
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

AnteHemisfério- Teste 12					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 90			tet (6) = 90		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Ox (11) = 5	Oy (11) = 158	Oz (11) = -294	Ox (11) = 5	Oy (11) = -158	Oz (11) = -294
Ox (12) = -95	Oy (12) = 158	Oz (12) = -294	Ox (12) = -95	Oy (12) = -158	Oz (12) = -294
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (12) = -95	Oy (12) = 158	Oz (12) = -294	Ox (12) = -95	Oy (12) = -158	Oz (12) = -294
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1	Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -1	Sz = 0	Az = 0	Nz = -1	Sz = 0	Az = 0

AnteHemisfério- Teste 13					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 90			tet (5) = 90		
tet (6) = 90			tet (6) = 90		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Ox (11) = 5	Oy (11) = 158	Oz (11) = -294	Ox (11) = 5	Oy (11) = -158	Oz (11) = -294
Ox (12) = 5	Oy (12) = 58	Oz (12) = -294	Ox (12) = 5	Oy (12) = -58	Oz (12) = -294
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (12) = 5	Oy (12) = 58	Oz (12) = -294	Ox (12) = 5	Oy (12) = -58	Oz (12) = -294
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = -1	Ax = 0	Nx = 0	Sx = -1	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = 1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = 1
Nz = -1	Sz = 0	Az = 0	Nz = -1	Sz = 0	Az = 0

AnteHemisfério- Teste 14					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 90			tet (4) = 90		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 90			tet (6) = 90		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = -63	Oy(9) = 198	Oz(9) = 60	Ox(9) = -63	Oy(9) = -198	Oz(9) = 60
Ox(10) = -63	Oy(10) = 158	Oz(10) = 60	Ox(10) = -63	Oy(10) = -158	Oz(10) = 60
Ox(11) = -349	Oy(11) = 158	Oz(11) = 60	Ox(11) = -349	Oy(11) = -158	Oz(11) = 60
Ox(12) = -349	Oy(12) = 158	Oz(12) = 160	Ox(12) = -349	Oy(12) = -158	Oz(12) = 160
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(12) = -349	Oy(12) = 158	Oz(12) = 160	Ox(12) = -349	Oy(12) = -158	Oz(12) = 160
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = -1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = -1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = -1	Nz = 0	Sz = 0	Az = -1

Pulso - Teste 15					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 90			tet (8) = 90		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 163	Oz(14) = -542	Ox(14) = 5	Oy(14) = -163	Oz(14) = -542
Ox(15) = 5	Oy(15) = 168	Oz(15) = -542	Ox(15) = 5	Oy(15) = -168	Oz(15) = -542
Ox(16) = 5	Oy(16) = 173	Oz(16) = -542	Ox(16) = 5	Oy(16) = -173	Oz(16) = -542
Ox(17) = 5	Oy(17) = 178	Oz(17) = -542	Ox(17) = 5	Oy(17) = -178	Oz(17) = -542
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(17) = 5	Oy(17) = 178	Oz(17) = -542	Ox(17) = 5	Oy(17) = -178	Oz(17) = -542
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 1	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 1	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 0	Az = 0	Nz = 0	Sz = 0	Az = 0

Pulso - Teste 16					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 90			tet (9) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 0	Oy(16) = 158	Oz(16) = -552	Ox(16) = 0	Oy(16) = -158	Oz(16) = -552
Ox(17) = -5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -552	Ox(17) = -5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -552
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(17) = -5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -552	Ox(17) = -5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -552
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1	Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -1	Sz = 0	Az = 0	Nz = -1	Sz = 0	Az = 0

Pulso - Teste 17					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 90			tet (7) = 90		
tet (8) = 90			tet (8) = 90		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 0	Oy(14) = 158	Oz(14) = -542	Ox(14) = 0	Oy(14) = -158	Oz(14) = -542
Ox(15) = -5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -542	Ox(15) = -5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -542
Ox(16) = -10	Oy(16) = 158	Oz(16) = -542	Ox(16) = -10	Oy(16) = -158	Oz(16) = -542

Ox(17) = -15	Oy(17) = 158	Oz(17) = -542	Ox(17) = -15	Oy(17) = -158	Oz(17) = -542
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(17) = -15	Oy(17) = 158	Oz(17) = -542	Ox(17) = -15	Oy(17) = -158	Oz(17) = -542
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1	Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1
Ny = 1	Sy = 0	Ay = 0	Ny = 1	Sy = 0	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Polegar - Teste 18					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
tet (10) = 0			tet (10) = 0		
tet (11) = 90			tet (11) = 90		
tet (12) = 0			tet (12) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Ox(18) = 40	Oy(18) = 158	Oz(18) = -562	Ox(18) = 40	Oy(18) = -158	Oz(18) = -562
Ox(19) = 40	Oy(19) = 158	Oz(19) = -597	Ox(19) = 40	Oy(19) = -158	Oz(19) = -597
Ox(20) = 40	Oy(20) = 168	Oz(20) = -597	Ox(20) = 40	Oy(20) = -168	Oz(20) = -597
Ox(21) = 50	Oy(21) = 168	Oz(21) = -597	Ox(21) = 50	Oy(21) = -168	Oz(21) = -597
Ox(22) = 50	Oy(22) = 158	Oz(22) = -597	Ox(22) = 50	Oy(22) = -158	Oz(22) = -597
Ox(23) = 25	Oy(23) = 158	Oz(23) = -597	Ox(23) = 25	Oy(23) = -158	Oz(23) = -597
Ox(24) = 0	Oy(24) = 158	Oz(24) = -597	Ox(24) = 0	Oy(24) = -158	Oz(24) = -597
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(24) = 0	Oy(24) = 158	Oz(24) = -597	Ox(24) = 0	Oy(24) = -158	Oz(24) = -597
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1	Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -1	Sz = 0	Az = 0	Nz = -1	Sz = 0	Az = 0

Polegar - Teste 19					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		

tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
tet (10) = 90			tet (10) = 90		
tet (11) = 0			tet (11) = 0		
tet (12) = 0			tet (12) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Ox (11) = 5	Oy (11) = 158	Oz (11) = -294	Ox (11) = 5	Oy (11) = -158	Oz (11) = -294
Ox (12) = 5	Oy (12) = 158	Oz (12) = -394	Ox (12) = 5	Oy (12) = -158	Oz (12) = -394
Ox (13) = 5	Oy (13) = 158	Oz (13) = -542	Ox (13) = 5	Oy (13) = -158	Oz (13) = -542
Ox (14) = 5	Oy (14) = 158	Oz (14) = -547	Ox (14) = 5	Oy (14) = -158	Oz (14) = -547
Ox (15) = 5	Oy (15) = 158	Oz (15) = -552	Ox (15) = 5	Oy (15) = -158	Oz (15) = -552
Ox (16) = 5	Oy (16) = 158	Oz (16) = -557	Ox (16) = 5	Oy (16) = -158	Oz (16) = -557
Ox (17) = 5	Oy (17) = 158	Oz (17) = -562	Ox (17) = 5	Oy (17) = -158	Oz (17) = -562
Ox (18) = 40	Oy (18) = 158	Oz (18) = -562	Ox (18) = 40	Oy (18) = -158	Oz (18) = -562
Ox (19) = 40	Oy (19) = 158	Oz (19) = -597	Ox (19) = 40	Oy (19) = -158	Oz (19) = -597
Ox (20) = 40	Oy (20) = 168	Oz (20) = -597	Ox (20) = 40	Oy (20) = -168	Oz (20) = -597
Ox (21) = 40	Oy (21) = 178	Oz (21) = -597	Ox (21) = 40	Oy (21) = -178	Oz (21) = -597
Ox (22) = 30	Oy (22) = 178	Oz (22) = -597	Ox (22) = 30	Oy (22) = -178	Oz (22) = -597
Ox (23) = 30	Oy (23) = 178	Oz (23) = -622	Ox (23) = 30	Oy (23) = -178	Oz (23) = -622
Ox (24) = 30	Oy (24) = 178	Oz (24) = -647	Ox (24) = 30	Oy (24) = -178	Oz (24) = -647
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (24) = 30	Oy (24) = 178	Oz (24) = -647	Ox (24) = 30	Oy (24) = -178	Oz (24) = -647
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = -1	Ax = 0	Nx = 0	Sx = -1	Ax = 0
Ny = 1	Sy = 0	Ay = 0	Ny = 1	Sy = 0	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Polegar - Teste 20					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
tet (10) = 0			tet (10) = 0		
tet (11) = 0			tet (11) = 0		
tet (12) = 90			tet (12) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Ox (11) = 5	Oy (11) = 158	Oz (11) = -294	Ox (11) = 5	Oy (11) = -158	Oz (11) = -294
Ox (12) = 5	Oy (12) = 158	Oz (12) = -394	Ox (12) = 5	Oy (12) = -158	Oz (12) = -394
Ox (13) = 5	Oy (13) = 158	Oz (13) = -542	Ox (13) = 5	Oy (13) = -158	Oz (13) = -542

Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Ox(18) = 40	Oy(18) = 158	Oz(18) = -562	Ox(18) = 40	Oy(18) = -158	Oz(18) = -562
Ox(19) = 40	Oy(19) = 158	Oz(19) = -597	Ox(19) = 40	Oy(19) = -158	Oz(19) = -597
Ox(20) = 40	Oy(20) = 168	Oz(20) = -597	Ox(20) = 40	Oy(20) = -168	Oz(20) = -597
Ox(21) = 50	Oy(21) = 168	Oz(21) = -597	Ox(21) = 50	Oy(21) = -168	Oz(21) = -597
Ox(22) = 50	Oy(22) = 158	Oz(22) = -597	Ox(22) = 50	Oy(22) = -158	Oz(22) = -597
Ox(23) = 50	Oy(23) = 158	Oz(23) = -622	Ox(23) = 50	Oy(23) = -158	Oz(23) = -622
Ox(24) = 50	Oy(24) = 183	Oz(24) = -622	Ox(24) = 50	Oy(24) = -183	Oz(24) = -622
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(24) = 50	Oy(24) = 183	Oz(24) = -622	Ox(24) = 50	Oy(24) = -183	Oz(24) = -622
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Polegar - Teste 21							
HemisférioEsquerdo				HemisférioDireito			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet (1) = 0				tet (1) = 0			
tet (2) = 0				tet (2) = 0			
tet (3) = 0				tet (3) = 0			
tet (4) = 0				tet (4) = 0			
tet (5) = 0				tet (5) = 0			
tet (6) = 0				tet (6) = 0			
tet (7) = 0				tet (7) = 0			
tet (8) = 0				tet (8) = 0			
tet (9) = 0				tet (9) = 0			
tet (10) = 0				tet (10) = 0			
tet (11) = 90				tet (11) = 90			
tet (12) = 90				tet (12) = 90			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0		Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0		Ox(3) = 5	Oy(3) = - 3	Oz(3) = 0	
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60		Ox(4) = 5	Oy(4) = - 3	Oz(4) = 60	
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60		Ox(5) = -67	Oy(5) = - 3	Oz(5) = 60	
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60		Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60	
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60		Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60	
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60		Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60	
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8		Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8	
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8		Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8	
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294		Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294	
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394		Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394	
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542		Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542	
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547		Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547	
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552		Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552	
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557		Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557	
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562		Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562	
Ox(18) = 40	Oy(18) = 158	Oz(18) = -562		Ox(18) = 40	Oy(18) = -158	Oz(18) = -562	
Ox(19) = 40	Oy(19) = 158	Oz(19) = -597		Ox(19) = 40	Oy(19) = -158	Oz(19) = -597	
Ox(20) = 40	Oy(20) = 168	Oz(20) = -597		Ox(20) = 40	Oy(20) = -168	Oz(20) = -597	
Ox(21) = 50	Oy(21) = 168	Oz(21) = -597		Ox(21) = 50	Oy(21) = -168	Oz(21) = -597	
Ox(22) = 50	Oy(22) = 158	Oz(22) = -597		Ox(22) = 50	Oy(22) = -158	Oz(22) = -597	
Ox(23) = 25	Oy(23) = 158	Oz(23) = -597		Ox(23) = 25	Oy(23) = -158	Oz(23) = -597	
Ox(24) = 25	Oy(24) = 183	Oz(24) = -597		Ox(24) = 25	Oy(24) = -183	Oz(24) = -597	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(24) = 25	Oy(24) = 183	Oz(24) = -597		Ox(24) = 25	Oy(24) = -183	Oz(24) = -597	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = 0	Sx = 1	Ax = 0		Nx = 0	Sx = 1	Ax = 0	
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1		Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	
Nz = -1	Sz = 0	Az = 0		Nz = -1	Sz = 0	Az = 0	

Indicador - Teste 22					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = - 3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = - 3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = - 3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Ox (11) = 5	Oy (11) = 158	Oz (11) = -294	Ox (11) = 5	Oy (11) = -158	Oz (11) = -294
Ox (12) = 5	Oy (12) = 158	Oz (12) = -394	Ox (12) = 5	Oy (12) = -158	Oz (12) = -394
Ox (13) = 5	Oy (13) = 158	Oz (13) = -542	Ox (13) = 5	Oy (13) = -158	Oz (13) = -542
Ox (14) = 5	Oy (14) = 158	Oz (14) = -547	Ox (14) = 5	Oy (14) = -158	Oz (14) = -547
Ox (15) = 5	Oy (15) = 158	Oz (15) = -552	Ox (15) = 5	Oy (15) = -158	Oz (15) = -552
Ox (16) = 5	Oy (16) = 158	Oz (16) = -557	Ox (16) = 5	Oy (16) = -158	Oz (16) = -557
Ox (17) = 5	Oy (17) = 158	Oz (17) = -562	Ox (17) = 5	Oy (17) = -158	Oz (17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (13) = 90			tet (13) = 90		
tet (14) = 0			tet (14) = 0		
tet (15) = 0			tet (15) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (26) = 27	Oy (26) = 158	Oz (26) = -672	Ox (26) = 27	Oy (26) = -158	Oz (26) = -672
Ox (27) = 27	Oy (27) = 183	Oz (27) = -672	Ox (27) = 27	Oy (27) = -183	Oz (27) = -672
Ox (28) = 27	Oy (28) = 208	Oz (28) = -672	Ox (28) = 27	Oy (28) = -208	Oz (28) = -672
Ox (29) = 27	Oy (29) = 233	Oz (29) = -672	Ox (29) = 27	Oy (29) = -233	Oz (29) = -672
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (29) = 27	Oy (29) = 233	Oz (29) = -672	Ox (29) = 27	Oy (29) = -233	Oz (29) = -672
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Indicador - Teste 23					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = - 3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = - 3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = - 3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60

Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(13) = 0			tet(13) = 0		
tet(14) = 90			tet(14) = 90		
tet(15) = 0			tet(15) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(26) = 27	Oy(26) = 158	Oz(26) = -672	Ox(26) = 27	Oy(26) = -158	Oz(26) = -672
Ox(27) = 27	Oy(27) = 158	Oz(27) = -697	Ox(27) = 27	Oy(27) = -158	Oz(27) = -697
Ox(28) = 27	Oy(28) = 183	Oz(28) = -697	Ox(28) = 27	Oy(28) = -183	Oz(28) = -697
Ox(29) = 27	Oy(29) = 208	Oz(29) = -697	Ox(29) = 27	Oy(29) = -208	Oz(29) = -697
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(29) = 27	Oy(29) = 208	Oz(29) = -697	Ox(29) = 27	Oy(29) = -208	Oz(29) = -697
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Indicador - Teste 24					
Hemisfério Esquerdo			Hemisfério Direito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(1) = 0		
tet(2) = 0			tet(2) = 0		
tet(3) = 0			tet(3) = 0		
tet(4) = 0			tet(4) = 0		
tet(5) = 0			tet(5) = 0		
tet(6) = 0			tet(6) = 0		
tet(7) = 0			tet(7) = 0		
tet(8) = 0			tet(8) = 0		
tet(9) = 0			tet(9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(13) = 0			tet(13) = 0		
tet(14) = 0			tet(14) = 0		
tet(15) = 90			tet(15) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(26) = 27	Oy(26) = 158	Oz(26) = -672	Ox(26) = 27	Oy(26) = -158	Oz(26) = -672
Ox(27) = 27	Oy(27) = 158	Oz(27) = -697	Ox(27) = 27	Oy(27) = -158	Oz(27) = -697
Ox(28) = 27	Oy(28) = 158	Oz(28) = -722	Ox(28) = 27	Oy(28) = -158	Oz(28) = -722
Ox(29) = 27	Oy(29) = 183	Oz(29) = -722	Ox(29) = 27	Oy(29) = -183	Oz(29) = -722

Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(29) = 27	Oy(29) = 183	Oz(29) = -722	Ox(29) = 27	Oy(29) = -183	Oz(29) = -722
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Médio - Teste 25					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Ox (11) = 5	Oy (11) = 158	Oz (11) = -294	Ox (11) = 5	Oy (11) = -158	Oz (11) = -294
Ox (12) = 5	Oy (12) = 158	Oz (12) = -394	Ox (12) = 5	Oy (12) = -158	Oz (12) = -394
Ox (13) = 5	Oy (13) = 158	Oz (13) = -542	Ox (13) = 5	Oy (13) = -158	Oz (13) = -542
Ox (14) = 5	Oy (14) = 158	Oz (14) = -547	Ox (14) = 5	Oy (14) = -158	Oz (14) = -547
Ox (15) = 5	Oy (15) = 158	Oz (15) = -552	Ox (15) = 5	Oy (15) = -158	Oz (15) = -552
Ox (16) = 5	Oy (16) = 158	Oz (16) = -557	Ox (16) = 5	Oy (16) = -158	Oz (16) = -557
Ox (17) = 5	Oy (17) = 158	Oz (17) = -562	Ox (17) = 5	Oy (17) = -158	Oz (17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (16) = 90			tet (16) = 90		
tet (17) = 0			tet (17) = 0		
tet (18) = 0			tet (18) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (30) = 9	Oy (30) = 158	Oz (30) = -672	Ox (30) = 9	Oy (30) = -158	Oz (30) = -672
Ox (31) = 9	Oy (31) = 183	Oz (31) = -672	Ox (31) = 9	Oy (31) = -183	Oz (31) = -672
Ox (32) = 9	Oy (32) = 208	Oz (32) = -672	Ox (32) = 9	Oy (32) = -208	Oz (32) = -672
Ox (33) = 9	Oy (33) = 233	Oz (33) = -672	Ox (33) = 9	Oy (33) = -233	Oz (33) = -672
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (33) = 9	Oy (33) = 233	Oz (33) = -672	Ox (33) = 9	Oy (33) = -233	Oz (33) = -672
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Médio - Teste 26					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		

tet (8) = 0 tet (9) = 0 Descrição das posições Ox (0) = 0 Oy (0) = 0 Oz (0) = 0 Ox (1) = 0 Oy (1) = 0 Oz (1) = 0 Ox (2) = 5 Oy (2) = 0 Oz (2) = 0 Ox (3) = 5 Oy (3) = 3 Oz (3) = 0 Ox (4) = 5 Oy (4) = 3 Oz (4) = 60 Ox (5) = -67 Oy (5) = 3 Oz (5) = 60 Ox (6) = -67 Oy (6) = 158 Oz (6) = 60 Ox (7) = 5 Oy (7) = 158 Oz (7) = 60 Ox (8) = 5 Oy (8) = 198 Oz (8) = 60 Ox (9) = 5 Oy (9) = 198 Oz (9) = -8 Ox (10) = 5 Oy (10) = 158 Oz (10) = -8 Ox (11) = 5 Oy (11) = 158 Oz (11) = -294 Ox (12) = 5 Oy (12) = 158 Oz (12) = -394 Ox (13) = 5 Oy (13) = 158 Oz (13) = -542 Ox (14) = 5 Oy (14) = 158 Oz (14) = -547 Ox (15) = 5 Oy (15) = 158 Oz (15) = -552 Ox (16) = 5 Oy (16) = 158 Oz (16) = -557 Ox (17) = 5 Oy (17) = 158 Oz (17) = -562 Configuração Atual (em graus) tet (16) = 0 tet (17) = 90 tet (18) = 0 Descrição das posições Ox (30) = 9 Oy (30) = 158 Oz (30) = -672 Ox (31) = 9 Oy (31) = 158 Oz (31) = -697 Ox (32) = 9 Oy (32) = 183 Oz (32) = -697 Ox (33) = 9 Oy (33) = 208 Oz (33) = -697 Posição e Orientação Final Posição Ox (33) = 9 Oy (33) = 208 Oz (33) = -697 Matriz de Orientação Nx = 1 Sx = 0 Ax = 0 Ny = 0 Sy = 0 Ay = -1 Nz = 0 Sz = 1 Az = 0	tet (8) = 0 tet (9) = 0 Descrição das posições Ox (0) = 0 Oy (0) = 0 Oz (0) = 0 Ox (1) = 0 Oy (1) = 0 Oz (1) = 0 Ox (2) = 5 Oy (2) = 0 Oz (2) = 0 Ox (3) = 5 Oy (3) = -3 Oz (3) = 0 Ox (4) = 5 Oy (4) = -3 Oz (4) = 60 Ox (5) = -67 Oy (5) = -3 Oz (5) = 60 Ox (6) = -67 Oy (6) = -158 Oz (6) = 60 Ox (7) = 5 Oy (7) = -158 Oz (7) = 60 Ox (8) = 5 Oy (8) = -198 Oz (8) = 60 Ox (9) = 5 Oy (9) = -198 Oz (9) = -8 Ox (10) = 5 Oy (10) = -158 Oz (10) = -8 Ox (11) = 5 Oy (11) = -158 Oz (11) = -294 Ox (12) = 5 Oy (12) = -158 Oz (12) = -394 Ox (13) = 5 Oy (13) = -158 Oz (13) = -542 Ox (14) = 5 Oy (14) = -158 Oz (14) = -547 Ox (15) = 5 Oy (15) = -158 Oz (15) = -552 Ox (16) = 5 Oy (16) = -158 Oz (16) = -557 Ox (17) = 5 Oy (17) = -158 Oz (17) = -562 Configuração Atual (em graus) tet (16) = 0 tet (17) = 90 tet (18) = 0 Descrição das posições Ox (30) = 9 Oy (30) = -158 Oz (30) = -672 Ox (31) = 9 Oy (31) = -158 Oz (31) = -697 Ox (32) = 9 Oy (32) = -183 Oz (32) = -697 Ox (33) = 9 Oy (33) = -208 Oz (33) = -697 Posição e Orientação Final Posição Ox (33) = 9 Oy (33) = -208 Oz (33) = -697 Matriz de Orientação Nx = 1 Sx = 0 Ax = 0 Ny = 0 Sy = 0 Ay = -1 Nz = 0 Sz = 1 Az = 0
--	--

Médio - Teste 27	
Hemisfério Esquerdo	Hemisfério Direito
Configuração Atual (em graus) tet (1) = 0 tet (2) = 0 tet (3) = 0 tet (4) = 0 tet (5) = 0 tet (6) = 0 tet (7) = 0 tet (8) = 0 tet (9) = 0 Descrição das posições Ox (0) = 0 Oy (0) = 0 Oz (0) = 0 Ox (1) = 0 Oy (1) = 0 Oz (1) = 0 Ox (2) = 5 Oy (2) = 0 Oz (2) = 0 Ox (3) = 5 Oy (3) = 3 Oz (3) = 0 Ox (4) = 5 Oy (4) = 3 Oz (4) = 60 Ox (5) = -67 Oy (5) = 3 Oz (5) = 60 Ox (6) = -67 Oy (6) = 158 Oz (6) = 60 Ox (7) = 5 Oy (7) = 158 Oz (7) = 60 Ox (8) = 5 Oy (8) = 198 Oz (8) = 60 Ox (9) = 5 Oy (9) = 198 Oz (9) = -8 Ox (10) = 5 Oy (10) = 158 Oz (10) = -8 Ox (11) = 5 Oy (11) = 158 Oz (11) = -294 Ox (12) = 5 Oy (12) = 158 Oz (12) = -394 Ox (13) = 5 Oy (13) = 158 Oz (13) = -542 Ox (14) = 5 Oy (14) = 158 Oz (14) = -547 Ox (15) = 5 Oy (15) = 158 Oz (15) = -552 Ox (16) = 5 Oy (16) = 158 Oz (16) = -557 Ox (17) = 5 Oy (17) = 158 Oz (17) = -562	Configuração Atual (em graus) tet (1) = 0 tet (2) = 0 tet (3) = 0 tet (4) = 0 tet (5) = 0 tet (6) = 0 tet (7) = 0 tet (8) = 0 tet (9) = 0 Descrição das posições Ox (0) = 0 Oy (0) = 0 Oz (0) = 0 Ox (1) = 0 Oy (1) = 0 Oz (1) = 0 Ox (2) = 5 Oy (2) = 0 Oz (2) = 0 Ox (3) = 5 Oy (3) = -3 Oz (3) = 0 Ox (4) = 5 Oy (4) = -3 Oz (4) = 60 Ox (5) = -67 Oy (5) = -3 Oz (5) = 60 Ox (6) = -67 Oy (6) = -158 Oz (6) = 60 Ox (7) = 5 Oy (7) = -158 Oz (7) = 60 Ox (8) = 5 Oy (8) = -198 Oz (8) = 60 Ox (9) = 5 Oy (9) = -198 Oz (9) = -8 Ox (10) = 5 Oy (10) = -158 Oz (10) = -8 Ox (11) = 5 Oy (11) = -158 Oz (11) = -294 Ox (12) = 5 Oy (12) = -158 Oz (12) = -394 Ox (13) = 5 Oy (13) = -158 Oz (13) = -542 Ox (14) = 5 Oy (14) = -158 Oz (14) = -547 Ox (15) = 5 Oy (15) = -158 Oz (15) = -552 Ox (16) = 5 Oy (16) = -158 Oz (16) = -557 Ox (17) = 5 Oy (17) = -158 Oz (17) = -562

Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(16) = 0			tet(16) = 0		
tet(17) = 0			tet(17) = 0		
tet(18) = 90			tet(18) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(30) = 9	Oy(30) = 158	Oz(30) = -672	Ox(30) = 9	Oy(30) = -158	Oz(30) = -672
Ox(31) = 9	Oy(31) = 158	Oz(31) = -697	Ox(31) = 9	Oy(31) = -158	Oz(31) = -697
Ox(32) = 9	Oy(32) = 158	Oz(32) = -722	Ox(32) = 9	Oy(32) = -158	Oz(32) = -722
Ox(33) = 9	Oy(33) = 183	Oz(33) = -722	Ox(33) = 9	Oy(33) = -183	Oz(33) = -722
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(33) = 9	Oy(33) = 183	Oz(33) = -722	Ox(33) = 9	Oy(33) = -183	Oz(33) = -722
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Anelar - Teste 28			Anelar - Teste 28		
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(1) = 0		
tet(2) = 0			tet(2) = 0		
tet(3) = 0			tet(3) = 0		
tet(4) = 0			tet(4) = 0		
tet(5) = 0			tet(5) = 0		
tet(6) = 0			tet(6) = 0		
tet(7) = 0			tet(7) = 0		
tet(8) = 0			tet(8) = 0		
tet(9) = 0			tet(9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(19) = 90			tet(19) = 90		
tet(20) = 0			tet(20) = 0		
tet(21) = 0			tet(21) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(34) = -10	Oy(34) = 158	Oz(34) = -672	Ox(34) = -10	Oy(34) = -158	Oz(34) = -672
Ox(35) = -10	Oy(35) = 183	Oz(35) = -672	Ox(35) = -10	Oy(35) = -183	Oz(35) = -672
Ox(36) = -10	Oy(36) = 208	Oz(36) = -672	Ox(36) = -10	Oy(36) = -208	Oz(36) = -672
Ox(37) = -10	Oy(37) = 233	Oz(37) = -672	Ox(37) = -10	Oy(37) = -233	Oz(37) = -672
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(37) = -10	Oy(37) = 233	Oz(37) = -672	Ox(37) = -10	Oy(37) = -233	Oz(37) = -672
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Anelar - Teste 29					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60
Ox (8) = 5	Oy (8) = 198	Oz (8) = 60	Ox (8) = 5	Oy (8) = -198	Oz (8) = 60
Ox (9) = 5	Oy (9) = 198	Oz (9) = -8	Ox (9) = 5	Oy (9) = -198	Oz (9) = -8
Ox (10) = 5	Oy (10) = 158	Oz (10) = -8	Ox (10) = 5	Oy (10) = -158	Oz (10) = -8
Ox (11) = 5	Oy (11) = 158	Oz (11) = -294	Ox (11) = 5	Oy (11) = -158	Oz (11) = -294
Ox (12) = 5	Oy (12) = 158	Oz (12) = -394	Ox (12) = 5	Oy (12) = -158	Oz (12) = -394
Ox (13) = 5	Oy (13) = 158	Oz (13) = -542	Ox (13) = 5	Oy (13) = -158	Oz (13) = -542
Ox (14) = 5	Oy (14) = 158	Oz (14) = -547	Ox (14) = 5	Oy (14) = -158	Oz (14) = -547
Ox (15) = 5	Oy (15) = 158	Oz (15) = -552	Ox (15) = 5	Oy (15) = -158	Oz (15) = -552
Ox (16) = 5	Oy (16) = 158	Oz (16) = -557	Ox (16) = 5	Oy (16) = -158	Oz (16) = -557
Ox (17) = 5	Oy (17) = 158	Oz (17) = -562	Ox (17) = 5	Oy (17) = -158	Oz (17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (19) = 0			tet (19) = 0		
tet (20) = 90			tet (20) = 90		
tet (21) = 0			tet (21) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (34) = -10	Oy (34) = 158	Oz (34) = -672	Ox (34) = -10	Oy (34) = -158	Oz (34) = -672
Ox (35) = -10	Oy (35) = 158	Oz (35) = -697	Ox (35) = -10	Oy (35) = -158	Oz (35) = -697
Ox (36) = -10	Oy (36) = 183	Oz (36) = -697	Ox (36) = -10	Oy (36) = -183	Oz (36) = -697
Ox (37) = -10	Oy (37) = 208	Oz (37) = -697	Ox (37) = -10	Oy (37) = -208	Oz (37) = -697
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox (37) = -10	Oy (37) = 208	Oz (37) = -697	Ox (37) = -10	Oy (37) = -208	Oz (37) = -697
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Anelar - Teste 30					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0	Ox (0) = 0	Oy (0) = 0	Oz (0) = 0
Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0	Ox (1) = 0	Oy (1) = 0	Oz (1) = 0
Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0	Ox (2) = 5	Oy (2) = 0	Oz (2) = 0
Ox (3) = 5	Oy (3) = 3	Oz (3) = 0	Ox (3) = 5	Oy (3) = -3	Oz (3) = 0
Ox (4) = 5	Oy (4) = 3	Oz (4) = 60	Ox (4) = 5	Oy (4) = -3	Oz (4) = 60
Ox (5) = -67	Oy (5) = 3	Oz (5) = 60	Ox (5) = -67	Oy (5) = -3	Oz (5) = 60
Ox (6) = -67	Oy (6) = 158	Oz (6) = 60	Ox (6) = -67	Oy (6) = -158	Oz (6) = 60
Ox (7) = 5	Oy (7) = 158	Oz (7) = 60	Ox (7) = 5	Oy (7) = -158	Oz (7) = 60

Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(19) = 0			tet(19) = 0		
tet(20) = 0			tet(20) = 0		
tet(21) = 90			tet(21) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(34) = -10	Oy(34) = 158	Oz(34) = -672	Ox(34) = -10	Oy(34) = -158	Oz(34) = -672
Ox(35) = -10	Oy(35) = 158	Oz(35) = -697	Ox(35) = -10	Oy(35) = -158	Oz(35) = -697
Ox(36) = -10	Oy(36) = 158	Oz(36) = -722	Ox(36) = -10	Oy(36) = -158	Oz(36) = -722
Ox(37) = -10	Oy(37) = 183	Oz(37) = -722	Ox(37) = -10	Oy(37) = -183	Oz(37) = -722
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(37) = -10	Oy(37) = 183	Oz(37) = -722	Ox(37) = -10	Oy(37) = -183	Oz(37) = -722
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Mínimo - Teste 31					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(1) = 0		
tet(2) = 0			tet(2) = 0		
tet(3) = 0			tet(3) = 0		
tet(4) = 0			tet(4) = 0		
tet(5) = 0			tet(5) = 0		
tet(6) = 0			tet(6) = 0		
tet(7) = 0			tet(7) = 0		
tet(8) = 0			tet(8) = 0		
tet(9) = 0			tet(9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(22) = 90			tet(22) = 90		
tet(23) = 0			tet(23) = 0		
tet(24) = 0			tet(24) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(38) = -28	Oy(38) = 158	Oz(38) = -672	Ox(38) = -28	Oy(38) = -158	Oz(38) = -672
Ox(39) = -28	Oy(39) = 183	Oz(39) = -672	Ox(39) = -28	Oy(39) = -183	Oz(39) = -672
Ox(40) = -28	Oy(40) = 208	Oz(40) = -672	Ox(40) = -28	Oy(40) = -208	Oz(40) = -672
Ox(41) = -28	Oy(41) = 233	Oz(41) = -672	Ox(41) = -28	Oy(41) = -233	Oz(41) = -672
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		

Posição Ox(41) = -28 Oy(41) = 233 Oz(41) = -672	Posição Ox(41) = -28 Oy(41) = -233 Oz(41) = -672
Matriz de Orientação Nx = 1 Sx = 0 Ax = 0 Ny = 0 Sy = 0 Ay = -1 Nz = 0 Sz = 1 Az = 0	Matriz de Orientação Nx = 1 Sx = 0 Ax = 0 Ny = 0 Sy = 0 Ay = -1 Nz = 0 Sz = 1 Az = 0

Mínimo - Teste 32					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(22) = 0			tet(22) = 0		
tet(23) = 90			tet(23) = 90		
tet(24) = 0			tet(24) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(38) = -28	Oy(38) = 158	Oz(38) = -672	Ox(38) = -28	Oy(38) = -158	Oz(38) = -672
Ox(39) = -28	Oy(39) = 158	Oz(39) = -697	Ox(39) = -28	Oy(39) = -158	Oz(39) = -697
Ox(40) = -28	Oy(40) = 183	Oz(40) = -697	Ox(40) = -28	Oy(40) = -183	Oz(40) = -697
Ox(41) = -28	Oy(41) = 208	Oz(41) = -697	Ox(41) = -28	Oy(41) = -208	Oz(41) = -697
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(41) = -28	Oy(41) = 208	Oz(41) = -697	Ox(41) = -28	Oy(41) = -208	Oz(41) = -697
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

Mínimo - Teste 33					
HemisférioEsquerdo			HemisférioDireito		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (1) = 0		
tet (2) = 0			tet (2) = 0		
tet (3) = 0			tet (3) = 0		
tet (4) = 0			tet (4) = 0		
tet (5) = 0			tet (5) = 0		
tet (6) = 0			tet (6) = 0		
tet (7) = 0			tet (7) = 0		
tet (8) = 0			tet (8) = 0		
tet (9) = 0			tet (9) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		

Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0
Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0	Ox(2) = 5	Oy(2) = 0	Oz(2) = 0
Ox(3) = 5	Oy(3) = 3	Oz(3) = 0	Ox(3) = 5	Oy(3) = -3	Oz(3) = 0
Ox(4) = 5	Oy(4) = 3	Oz(4) = 60	Ox(4) = 5	Oy(4) = -3	Oz(4) = 60
Ox(5) = -67	Oy(5) = 3	Oz(5) = 60	Ox(5) = -67	Oy(5) = -3	Oz(5) = 60
Ox(6) = -67	Oy(6) = 158	Oz(6) = 60	Ox(6) = -67	Oy(6) = -158	Oz(6) = 60
Ox(7) = 5	Oy(7) = 158	Oz(7) = 60	Ox(7) = 5	Oy(7) = -158	Oz(7) = 60
Ox(8) = 5	Oy(8) = 198	Oz(8) = 60	Ox(8) = 5	Oy(8) = -198	Oz(8) = 60
Ox(9) = 5	Oy(9) = 198	Oz(9) = -8	Ox(9) = 5	Oy(9) = -198	Oz(9) = -8
Ox(10) = 5	Oy(10) = 158	Oz(10) = -8	Ox(10) = 5	Oy(10) = -158	Oz(10) = -8
Ox(11) = 5	Oy(11) = 158	Oz(11) = -294	Ox(11) = 5	Oy(11) = -158	Oz(11) = -294
Ox(12) = 5	Oy(12) = 158	Oz(12) = -394	Ox(12) = 5	Oy(12) = -158	Oz(12) = -394
Ox(13) = 5	Oy(13) = 158	Oz(13) = -542	Ox(13) = 5	Oy(13) = -158	Oz(13) = -542
Ox(14) = 5	Oy(14) = 158	Oz(14) = -547	Ox(14) = 5	Oy(14) = -158	Oz(14) = -547
Ox(15) = 5	Oy(15) = 158	Oz(15) = -552	Ox(15) = 5	Oy(15) = -158	Oz(15) = -552
Ox(16) = 5	Oy(16) = 158	Oz(16) = -557	Ox(16) = 5	Oy(16) = -158	Oz(16) = -557
Ox(17) = 5	Oy(17) = 158	Oz(17) = -562	Ox(17) = 5	Oy(17) = -158	Oz(17) = -562
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(22) = 0			tet(22) = 0		
tet(23) = 0			tet(23) = 0		
tet(24) = 90			tet(24) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(38) = -28	Oy(38) = 158	Oz(38) = -672	Ox(38) = -28	Oy(38) = -158	Oz(38) = -672
Ox(39) = -28	Oy(39) = 158	Oz(39) = -697	Ox(39) = -28	Oy(39) = -158	Oz(39) = -697
Ox(40) = -28	Oy(40) = 158	Oz(40) = -722	Ox(40) = -28	Oy(40) = -158	Oz(40) = -722
Ox(41) = -28	Oy(41) = 183	Oz(41) = -722	Ox(41) = -28	Oy(41) = -183	Oz(41) = -722
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(41) = -28	Oy(41) = 183	Oz(41) = -722	Ox(41) = -28	Oy(41) = -183	Oz(41) = -722
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1	Ny = 0	Sy = 0	Ay = -1
Nz = 0	Sz = 1	Az = 0	Nz = 0	Sz = 1	Az = 0

II. Teste Geométrico dos Membros Inferiores do Modelo Antropomórfico

Junta Interna a Junta Externa da Bacia - Teste 1					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = -30			tet(31) = -30		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 81.25	Oy(2) = 140.7291	Oz(2) = 0	Ox(52) = 81.25	Oy(52) = -140.7291	Oz(52) = 0
Ox(3) = 150.532	Oy(3) = 100.7291	Oz(3) = 0	Ox(53) = 150.532	Oy(53) = -100.7291	Oz(53) = 0
Ox(4) = 150.532	Oy(4) = 100.7291	Oz(4) = -60	Ox(54) = 150.532	Oy(54) = -100.7291	Oz(54) = -60
Ox(5) = 115.891	Oy(5) = 120.7291	Oz(5) = -60	Ox(55) = 115.891	Oy(55) = -120.7291	Oz(55) = -60
Ox(6) = 128.391	Oy(6) = 142.3798	Oz(6) = -60	Ox(56) = 128.391	Oy(56) = -142.3798	Oz(56) = -60
Ox(7) = 128.391	Oy(7) = 142.3798	Oz(7) = -125	Ox(57) = 128.391	Oy(57) = -142.3798	Oz(57) = -125
Ox(8) = 115.891	Oy(8) = 120.7291	Oz(8) = -125	Ox(58) = 115.891	Oy(58) = -120.7291	Oz(58) = -125
Ox(9) = 115.891	Oy(9) = 120.7291	Oz(9) = -135	Ox(59) = 115.891	Oy(59) = -120.7291	Oz(59) = -135
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = 115.891	Oy(9) = 120.7291	Oz(9) = -135	Ox(59) = 115.891	Oy(59) = -120.7291	Oz(59) = -135
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = .5	Ax = 0	Nx = .8660254	Sx = .5	Ax = 0
Ny = -.5	Sy = .8660254	Ay = 0	Ny = -.5	Sy = .8660254	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna a Junta Externa da Bacia - Teste 2							
Perna Esquerda		Perna Direita					
Configuração Atual (em graus)		Configuração Atual (em graus)					
tet (1) = 30		tet (31) = 30					
tet (2) = 0		tet (32) = 0					
tet (3) = 0		tet (33) = 0					
Descrição das posições		Descrição das posições					
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = -81.25	Oy(2) = 140.7291	Oz(2) = 0		Ox(52) = -81.25	Oy(52) = -140.7291	Oz(52) = 0	
Ox(3) = -11.96797	Oy(3) = 180.7291	Oz(3) = 0		Ox(53) = -11.96797	Oy(53) = -180.7291	Oz(53) = 0	
Ox(4) = -11.96797	Oy(4) = 180.7291	Oz(4) = -60		Ox(54) = -11.96797	Oy(54) = -180.7291	Oz(54) = -60	
Ox(5) = -46.60899	Oy(5) = 160.7291	Oz(5) = -60		Ox(55) = -46.60899	Oy(55) = -160.7291	Oz(55) = -60	
Ox(6) = -59.10899	Oy(6) = 182.3798	Oz(6) = -60		Ox(56) = -59.10899	Oy(56) = -182.3798	Oz(56) = -60	
Ox(7) = -59.10899	Oy(7) = 182.3798	Oz(7) = -125		Ox(57) = -59.10899	Oy(57) = -182.3798	Oz(57) = -125	
Ox(8) = -46.60899	Oy(8) = 160.7291	Oz(8) = -125		Ox(58) = -46.60899	Oy(58) = -160.7291	Oz(58) = -125	
Ox(9) = -46.60899	Oy(9) = 160.7291	Oz(9) = -135		Ox(59) = -46.60899	Oy(59) = -160.7291	Oz(59) = -135	
Posição e Orientação Final		Posição e Orientação Final					
Posição		Posição					
Ox(9) = -46.60899	Oy(9) = 160.7291	Oz(9) = -135		Ox(59) = -46.60899	Oy(59) = -160.7291	Oz(59) = -135	
Matriz de Orientação		Matriz de Orientação					
Nx = .8660254	Sx = -.5	Ax = 0		Nx = .8660254	Sx = -.5	Ax = 0	
Ny = .5	Sy = .8660254	Ay = 0		Ny = .5	Sy = .8660254	Ay = 0	
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1		Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	

Junta Interna a Junta Externa da Bacia - Teste 3							
Perna Esquerda		Perna Direita					
Configuração Atual (em graus)		Configuração Atual (em graus)					
tet (1) = 0		tet (31) = 0					
tet (2) = -30		tet (32) = -30					
tet (3) = 0		tet (33) = 0					
Descrição das posições		Descrição das posições					
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 184.1506	Oz(6) = -72.5		Ox(56) = 40	Oy(56) = -184.1506	Oz(56) = -72.5	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 151.6506	Oz(7) = -128.7917		Ox(57) = 40	Oy(57) = -151.6506	Oz(57) = -128.7917	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 130	Oz(8) = -116.2917		Ox(58) = 40	Oy(58) = -130	Oz(58) = -116.2917	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 125	Oz(9) = -124.9519		Ox(59) = 40	Oy(59) = -125	Oz(59) = -124.9519	
Posição e Orientação Final		Posição e Orientação Final					
Posição		Posição					
Ox(9) = 40	Oy(9) = 125	Oz(9) = -124.9519		Ox(59) = 40	Oy(59) = -125	Oz(59) = -124.9519	
Matriz de Orientação		Matriz de Orientação					
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0		Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	
Ny = 0	Sy = .8660254	Ay = .5		Ny = 0	Sy = .8660254	Ay = .5	
Nz = 0	Sz = -.5	Az = .8660254		Nz = 0	Sz = -.5	Az = .8660254	

Junta Interna a Junta Externa da Bacia - Teste 4							
Perna Esquerda		Perna Direita					
Configuração Atual (em graus)		Configuração Atual (em graus)					
tet(1) = 0		tet(31) = 0					
tet(2) = 45		tet(32) = 45					
tet(3) = 0		tet(33) = 0					
Descrição das posições		Descrição das posições					
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 180.1777	Oz(6) = -42.32233		Ox(56) = 40	Oy(56) = -180.1777	Oz(56) = -42.32233	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 226.1396	Oz(7) = -88.28427		Ox(57) = 40	Oy(57) = -226.1396	Oz(57) = -88.28427	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 208.4619	Oz(8) = -105.9619		Ox(58) = 40	Oy(58) = -208.4619	Oz(58) = -105.9619	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 215.533	Oz(9) = -113.033		Ox(59) = 40	Oy(59) = -215.533	Oz(59) = -113.033	
Posição e Orientação Final		Posição e Orientação Final					
Posição		Posição					
Ox(9) = 40	Oy(9) = 215.533	Oz(9) = -113.033		Ox(59) = 40	Oy(59) = -215.533	Oz(59) = -113.033	
Matriz de Orientação		Matriz de Orientação					

Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = .7071068	Ay = -.7071068	Ny = 0	Sy = .7071068	Ay = -.7071068
Nz = 0	Sz = .7071068	Az = .7071068	Nz = 0	Sz = .7071068	Az = .7071068

Junta Interna a Junta Externa da Bacia - Teste 5					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = -30			tet(33) = -30		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 45	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -133.6602	Ox(59) = 45	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -133.6602
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = 45	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -133.6602	Ox(59) = 45	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -133.6602
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = -.5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = -.5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = .5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = .5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna a Junta Externa da Bacia - Teste 6					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 90			tet(33) = 90		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 30	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -125	Ox(59) = 30	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -125
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(9) = 30	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -125	Ox(59) = 30	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -125
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1	Nx = 0	Sx = 0	Ax = 1
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -1	Sz = 0	Az = 0	Nz = -1	Sz = 0	Az = 0

Junta Interna ao Joelho - Teste 7					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = -30			tet(34) = -30		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60

Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = .5 Ax = 0 Ny = -.5 Sy = .8660254 Ay = 0 Nz = 0 Sz = 0 Az = 1	Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = .5 Ax = 0 Ny = -.5 Sy = .8660254 Ay = 0 Nz = 0 Sz = 0 Az = 1
Junta Interna ao Joelho - Teste 8	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 30 tet(5) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = -.5 Ax = 0 Ny = .5 Sy = .8660254 Ay = 0 Nz = 0 Sz = 0 Az = 1	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 30 tet(35) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = -.5 Ax = 0 Ny = .5 Sy = .8660254 Ay = 0 Nz = 0 Sz = 0 Az = 1
Junta Interna a Canela - Teste 9	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = -120 tet(6) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 191.9875 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -379.75 Posição e Orientação Final Posição Ox(11) = 191.9875 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -379.75 Matriz de Orientação Nx = -.5000001 Sx = 0 Ax = -.8660254 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = .8660254 Sz = 0 Az = -.5000001	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = -120 tet(36) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 191.9875 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -379.75 Posição e Orientação Final Posição Ox(61) = 191.9875 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -379.75 Matriz de Orientação Nx = -.5000001 Sx = 0 Ax = -.8660254 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = .8660254 Sz = 0 Az = -.5000001

Junta Interna a Canela - Teste 10							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet (1) = 0				tet (31) = 0			
tet (2) = 0				tet (32) = 0			
tet (3) = 0				tet (33) = 0			
tet (4) = 0				tet (34) = 0			
tet (5) = 0				tet (35) = 0			
tet (6) = 0				tet (36) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = - 162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = - 162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = - 162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = - 162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = - 187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = - 187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = - 162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = - 162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = - 162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = - 162.5	Oz(61) = -643	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0		Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1		Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	

Junta Interna a Canela - Teste 11							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet (1) = 0				tet (31) = 0			
tet (2) = 0				tet (32) = 0			
tet (3) = 0				tet (33) = 0			
tet (4) = 0				tet (34) = 0			
tet (5) = 0				tet (35) = 0			
tet(6) = -45				tet(36) = -45			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 93.74011	Oy(15) = 108.7599	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 93.74011	Oy(65) = -108.7599	Oz(65) = -838.5	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(15) = 93.74011	Oy(15) = 108.7599	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 93.74011	Oy(65) = -108.7599	Oz(65) = -838.5	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .7071068	Sx = .7071068	Ax = 0		Nx = .7071068	Sx = .7071068	Ax = 0	
Ny = -.7071068	Sy = .7071068	Ay = 0		Ny = -.7071068	Sy = .7071068	Ay = 0	
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1		Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	

Junta Interna a Tornozelo - Teste 12					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (31) = 0		
tet (2) = 0			tet (32) = 0		
tet (3) = 0			tet (33) = 0		
tet (4) = 0			tet (34) = 0		
tet (5) = 0			tet (35) = 0		
tet (6) = 45			tet (36) = 45		
tet (7) = 0			tet (37) = 0		
tet (8) = 0			tet (38) = 0		
tet (9) = 0			tet (39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 93.74011	Oy(15) = 216.2401	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 93.74011	Oy(65) = -216.2401	Oz(65) = -838.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(15) = 93.74011	Oy(15) = 216.2401	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 93.74011	Oy(65) = -216.2401	Oz(65) = -838.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .7071068	Sx = -.7071068	Ax = 0	Nx = .7071068	Sx = -.7071068	Ax = 0
Ny = .7071068	Sy = .7071068	Ay = 0	Ny = .7071068	Sy = .7071068	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna ao tornozelo - Teste 13					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet (31) = 0		
tet (2) = 0			tet (32) = 0		
tet (3) = 0			tet (33) = 0		
tet (4) = 0			tet (34) = 0		
tet (5) = 0			tet (35) = 0		
tet (6) = 0			tet (36) = 0		
tet (7) = -30			tet (37) = -30		
tet (8) = 0			tet (38) = 0		
tet (9) = 0			tet (39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 42.5	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -832.8301	Ox(63) = 42.5	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -832.8301
Ox(14) = 45	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -837.1603	Ox(64) = 45	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -837.1603
Ox(15) = 110.8179	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -799.1603	Ox(65) = 110.8179	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -799.1603
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(15) = 110.8179	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -799.1603	Ox(65) = 110.8179	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -799.1603

Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = -.5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = -.5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = .5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = .5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao tornozelo - Teste 14					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = -30			tet(37) = -30		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 37.5	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -832.8301	Ox(63) = 37.5	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -832.8301
Ox(14) = 35	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -837.1603	Ox(64) = 35	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -837.1603
Ox(15) = 100.8179	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -875.1603	Ox(65) = 100.8179	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -875.1603
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(15) = 100.8179	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -875.1603	Ox(65) = 100.8179	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -875.1603
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao tornozelo - Teste 15					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 10			tet(38) = 10		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 163.3682	Oz(14) = -838.424	Ox(64) = 40	Oy(64) = -163.3682	Oz(64) = -838.424

Ox(15) = 116 Oy(15) = 163.3682 Oz(15) = -838.424	Ox(65) = 116 Oy(65) = -163.3682 Oz(65) = -838.424
Posição e Orientação Final	Posição e Orientação Final
Posição	Posição
Ox(15) = 116 Oy(15) = 163.3682 Oz(15) = -838.424	Ox(65) = 116 Oy(65) = -163.3682 Oz(65) = -838.424
Matriz de Orientação	Matriz de Orientação
Nx = 1 Sx = 0 Ax = 0	Nx = 1 Sx = 0 Ax = 0
Ny = 0 Sy = .9848077 Ay = -.1736482	Ny = 0 Sy = .9848077 Ay = -.1736482
Nz = 0 Sz = .1736482 Az = .9848077	Nz = 0 Sz = .1736482 Az = .9848077

Junta Interna ao tornozelo - Teste 16					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet (1) = 0			tet(31) = 0		
tet (2) = 0			tet(32) = 0		
tet (3) = 0			tet(33) = 0		
tet (4) = 0			tet(34) = 0		
tet (5) = 0			tet(35) = 0		
tet (6) = 0			tet(36) = 0		
tet (7) = 0			tet(37) = 0		
tet (8) = 0			tet(38) = 0		
tet (9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) =-162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) =-162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) =-60	Ox(54) = 80	Oy(54) =-162.5	Oz(54) =-60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) =-60	Ox(55) = 40	Oy(55) =-162.5	Oz(55) =-60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) =-60	Ox(56) = 40	Oy(56) =-187.5	Oz(56) =-60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) =-125	Ox(57) = 40	Oy(57) =-187.5	Oz(57) =-125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) =-125	Ox(58) = 40	Oy(58) =-162.5	Oz(58) =-125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) =-135	Ox(59) = 40	Oy(59) =-162.5	Oz(59) =-135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) =-467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) =-162.5	Oz(60) =-467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) =-643	Ox(61) = 40	Oy(61) =-162.5	Oz(61) =-643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) =-828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) =-162.5	Oz(62) =-828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) =-833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) =-162.5	Oz(63) =-833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) =-838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) =-162.5	Oz(64) =-838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) =-838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) =-162.5	Oz(65) =-838.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) =-838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) =-162.5	Oz(65) =-838.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0	Nx = 1	Sx = 0	Ax = 0
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 0	Sz = 0	Az = 1	Nz = 0	Sz = 0	Az = 1

Junta Interna ao tornozelo - Teste 17					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 10		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5

Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9848077	Sx = 0	Ax = .1736482	Nx = .9848077	Sx = 0	Ax = .1736482
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.1736482	Sz = 0	Az = .9848077	Nz = -.1736482	Sz = 0	Az = .9848077

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 18					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = -40	Oy(6) = -187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = -40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = -40	Oy(12) = -162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = -40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = -40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = -40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = -5			tet(40) = -5		
tet(11) = 0			tet(41) = 0		
tet(12) = 0			tet(42) = 0		
tet(13) = 0			tet(43) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5	Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5
Ox(18) = 174.9239	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -836.7569	Ox(68) = 174.9239	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -836.7569
Ox(19) = 199.8288	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -834.578	Ox(69) = 199.8288	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -834.578
Ox(20) = 214.7717	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -833.2707	Ox(70) = 214.7717	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -833.2707
Ox(21) = 229.7146	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -831.9634	Ox(71) = 229.7146	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -831.9634
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 229.7146	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -831.9634	Ox(71) = 229.7146	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -831.9634
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 19					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		

tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(10) = 30 tet(11) = 0 tet(12) = 0 tet(13) = 0 Descrição das posições Ox(17) = 155 Oy(17) = 197.5 Oz(17) = -838.5 Ox(18) = 172.3205 Oy(18) = 197.5 Oz(18) = -848.5 Ox(19) = 193.9711 Oy(19) = 197.5 Oz(19) = -861 Ox(20) = 206.9615 Oy(20) = 197.5 Oz(20) = -868.5 Ox(21) = 219.9519 Oy(21) = 197.5 Oz(21) = -876 Posição e Orientação Final Posição Ox(21) = 219.9519 Oy(21) = 197.5 Oz(21) = -876 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(40) = 30 tet(41) = 0 tet(42) = 0 tet(43) = 0 Descrição das posições Ox(67) = 155 Oy(67) = -197.5 Oz(67) = -838.5 Ox(68) = 172.3205 Oy(68) = -197.5 Oz(68) = -848.5 Ox(69) = 193.9711 Oy(69) = -197.5 Oz(69) = -861 Ox(70) = 206.9615 Oy(70) = -197.5 Oz(70) = -868.5 Ox(71) = 219.9519 Oy(71) = -197.5 Oz(71) = -876 Posição e Orientação Final Posição Ox(71) = 219.9519 Oy(71) = -197.5 Oz(71) = -876 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254
--	---

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 20	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5

Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = -5			tet(41) = -5		
tet(12) = 0			tet(42) = 0		
tet(13) = 0			tet(43) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5	Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5	Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5
Ox(19) = 199.9049	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -836.3211	Ox(69) = 199.9049	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -836.3211
Ox(20) = 214.8478	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -835.0138	Ox(70) = 214.8478	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -835.0138
Ox(21) = 229.7907	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -833.7065	Ox(71) = 229.7907	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -833.7065
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 229.7907	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -833.7065	Ox(71) = 229.7907	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -833.7065
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 21					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = -80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = 30			tet(41) = 30		
tet(12) = 0			tet(42) = 0		
tet(13) = 0			tet(43) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5	Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5	Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5
Ox(19) = 196.6506	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -851	Ox(69) = 196.6506	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -851
Ox(20) = 209.641	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -858.5	Ox(70) = 209.641	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -858.5
Ox(21) = 222.6314	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -866	Ox(71) = 222.6314	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -866
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 222.6314	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -866	Ox(71) = 222.6314	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -866

Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 22					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = 0			tet(41) = 0		
tet(12) = -5			tet(42) = -5		
tet(13) = 0			tet(43) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5	Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5	Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5
Ox(19) = 200	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -838.5	Ox(69) = 200	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -838.5
Ox(20) = 214.9429	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -837.1927	Ox(70) = 214.9429	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -837.1927
Ox(21) = 229.8858	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -835.8854	Ox(71) = 229.8858	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -835.8854
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 229.8858	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -835.8854	Ox(71) = 229.8858	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -835.8854
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 23					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0

Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = 0			tet(41) = 0		
tet(12) = 30			tet(42) = 30		
tet(13) = 0			tet(43) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155	Oy(17) = 197.5	Oz(17) = -838.5	Ox(67) = 155	Oy(67) = -197.5	Oz(67) = -838.5
Ox(18) = 175	Oy(18) = 197.5	Oz(18) = -838.5	Ox(68) = 175	Oy(68) = -197.5	Oz(68) = -838.5
Ox(19) = 200	Oy(19) = 197.5	Oz(19) = -838.5	Ox(69) = 200	Oy(69) = -197.5	Oz(69) = -838.5
Ox(20) = 212.9904	Oy(20) = 197.5	Oz(20) = -846	Ox(70) = 212.9904	Oy(70) = -197.5	Oz(70) = -846
Ox(21) = 225.9808	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -853.5	Ox(71) = 225.9808	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -853.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 225.9808	Oy(21) = 197.5	Oz(21) = -853.5	Ox(71) = 225.9808	Oy(71) = -197.5	Oz(71) = -853.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 24					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = 0			tet(41) = 0		
tet(12) = 0			tet(42) = 0		
tet(13) = -5			tet(43) = -5		

Descrição das posições Ox(17) = 155 Oy(17) = 197.5 Oz(17) = -838.5 Ox(18) = 175 Oy(18) = 197.5 Oz(18) = -838.5 Ox(19) = 200 Oy(19) = 197.5 Oz(19) = -838.5 Ox(20) = 215 Oy(20) = 197.5 Oz(20) = -838.5 Ox(21) = 229.9429 Oy(21) = 197.5 Oz(21) = -837.1927 Posição e Orientação Final Posição Ox(21) = 229.9429 Oy(21) = 197.5 Oz(21) = -837.1927 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947	Descrição das posições Ox(67) = 155 Oy(67) = -197.5 Oz(67) = -838.5 Ox(68) = 175 Oy(68) = -197.5 Oz(68) = -838.5 Ox(69) = 200 Oy(69) = -197.5 Oz(69) = -838.5 Ox(70) = 215 Oy(70) = -197.5 Oz(70) = -838.5 Ox(71) = 229.9429 Oy(71) = -197.5 Oz(71) = -837.1927 Posição e Orientação Final Posição Ox(71) = 229.9429 Oy(71) = -197.5 Oz(71) = -837.1927 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = -1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947
--	---

Junta Interna ao dedo 1 - Teste 25					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0			Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0		
Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0			Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0		
Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0			Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0		
Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0			Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0		
Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60			Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60		
Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60			Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60		
Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60			Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60		
Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125			Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125		
Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125			Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125		
Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135			Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135		
Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5			Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5		
Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643			Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643		
Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5			Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5		
Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5			Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5		
Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5			Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5		
Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5			Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5		
Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5			Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(10) = 0			tet(40) = 0		
tet(11) = 0			tet(41) = 0		
tet(12) = 0			tet(42) = 0		
tet(13) = 30			tet(43) = 30		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(17) = 155 Oy(17) = 197.5 Oz(17) = -838.5			Ox(67) = 155 Oy(67) = -197.5 Oz(67) = -838.5		
Ox(18) = 175 Oy(18) = 197.5 Oz(18) = -838.5			Ox(68) = 175 Oy(68) = -197.5 Oz(68) = -838.5		
Ox(19) = 200 Oy(19) = 197.5 Oz(19) = -838.5			Ox(69) = 200 Oy(69) = -197.5 Oz(69) = -838.5		
Ox(20) = 215 Oy(20) = 197.5 Oz(20) = -838.5			Ox(70) = 215 Oy(70) = -197.5 Oz(70) = -838.5		
Ox(21) = 227.9904 Oy(21) = 197.5 Oz(21) = -846			Ox(71) = 227.9904 Oy(71) = -197.5 Oz(71) = -846		
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(21) = 227.9904 Oy(21) = 197.5 Oz(21) = -846			Ox(71) = 227.9904 Oy(71) = -197.5 Oz(71) = -846		
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5			Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5		
Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0			Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0		
Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254			Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254		

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 26					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		

tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(14) = -5 tet(15) = 0 tet(16) = 0 tet(17) = 0 Descrição das posições Ox(22) = 155 Oy(22) = 182.5 Oz(22) = -838.5 Ox(23) = 176.9163 Oy(23) = 182.5 Oz(23) = -836.5826 Ox(24) = 200.825 Oy(24) = 182.5 Oz(24) = -834.4908 Ox(25) = 218.7565 Oy(25) = 182.5 Oz(25) = -832.9221 Ox(26) = 236.688 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -831.3533 Posição e Orientação Final Posição Ox(26) = 236.688 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -831.3533 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947	tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(44) = -5 tet(45) = 0 tet(46) = 0 tet(47) = 0 Descrição das posições Ox(72) = 155 Oy(72) = -182.5 Oz(72) = -838.5 Ox(73) = 176.9163 Oy(73) = -182.5 Oz(73) = -836.5826 Ox(74) = 200.825 Oy(74) = -182.5 Oz(74) = -834.4908 Ox(75) = 218.7565 Oy(75) = -182.5 Oz(75) = -832.9221 Ox(76) = 236.688 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -831.3533 Posição e Orientação Final Posição Ox(76) = 236.688 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -831.3533 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947
--	---

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 27					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5

Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(14) = 30 tet(15) = 0 tet(16) = 0 tet(17) = 0 Descrição das posições Ox(22) = 155 Oy(22) = 182.5 Oz(22) = -838.5 Ox(23) = 174.0526 Oy(23) = 182.5 Oz(23) = -849.5 Ox(24) = 194.8372 Oy(24) = 182.5 Oz(24) = -861.5 Ox(25) = 210.4256 Oy(25) = 182.5 Oz(25) = -870.5 Ox(26) = 226.0141 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -879.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(26) = 226.0141 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -879.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(44) = 30 tet(45) = 0 tet(46) = 0 tet(47) = 0 Descrição das posições Ox(72) = 155 Oy(72) = -182.5 Oz(72) = -838.5 Ox(73) = 174.0526 Oy(73) = -182.5 Oz(73) = -849.5 Ox(74) = 194.8372 Oy(74) = -182.5 Oz(74) = -861.5 Ox(75) = 210.4256 Oy(75) = -182.5 Oz(75) = -870.5 Ox(76) = 226.0141 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -879.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(76) = 226.0141 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -879.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254
---	--

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 28					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0			Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0		
Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0			Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0		
Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0			Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0		
Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0			Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0		
Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60			Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60		
Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60			Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60		
Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60			Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60		
Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125			Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125		
Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125			Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125		
Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135			Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135		
Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5			Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5		
Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643			Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643		
Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5			Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5		
Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5			Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5		
Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5			Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5		
Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5			Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5		
Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5			Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(14) = 0			tet(44) = 0		
tet(15) = -5			tet(45) = -5		
tet(16) = 0			tet(46) = 0		
tet(17) = 0			tet(47) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(22) = 155 Oy(22) = 182.5 Oz(22) = -838.5			Ox(72) = 155 Oy(72) = -182.5 Oz(72) = -838.5		
Ox(23) = 177 Oy(23) = 182.5 Oz(23) = -838.5			Ox(73) = 177 Oy(73) = -182.5 Oz(73) = -838.5		
Ox(24) = 200.9087 Oy(24) = 182.5 Oz(24) = -836.4083			Ox(74) = 200.9087 Oy(74) = -182.5 Oz(74) = -836.4083		
Ox(25) = 218.8402 Oy(25) = 182.5 Oz(25) = -834.8395			Ox(75) = 218.8402 Oy(75) = -182.5 Oz(75) = -834.8395		
Ox(26) = 236.7717 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -833.2707			Ox(76) = 236.7717 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -833.2707		
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(26) = 236.7717 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -833.2707			Ox(76) = 236.7717 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -833.2707		

Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 29					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(14) = 0			tet(44) = 0		
tet(15) = 30			tet(45) = 30		
tet(16) = 0			tet(46) = 0		
tet(17) = 0			tet(47) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5	Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5	Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5
Ox(24) = 197.7846	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -850.5	Ox(74) = 197.7846	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -850.5
Ox(25) = 213.3731	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -859.5	Ox(75) = 213.3731	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -859.5
Ox(26) = 228.9615	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -868.5	Ox(76) = 228.9615	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -868.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(26) = 228.9615	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -868.5	Ox(76) = 228.9615	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -868.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 30					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0

Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(14) = 0 tet(15) = 0 tet(16) = -5 tet(17) = 0 Descrição das posições Ox(22) = 155 Oy(22) = 182.5 Oz(22) = -838.5 Ox(23) = 177 Oy(23) = 182.5 Oz(23) = -838.5 Ox(24) = 201 Oy(24) = 182.5 Oz(24) = -838.5 Ox(25) = 218.9315 Oy(25) = 182.5 Oz(25) = -836.9312 Ox(26) = 236.863 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -835.3624 Posição e Orientação Final Posição Ox(26) = 236.863 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -835.3624 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947	Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(44) = 0 tet(45) = 0 tet(46) = -5 tet(47) = 0 Descrição das posições Ox(72) = 155 Oy(72) = -182.5 Oz(72) = -838.5 Ox(73) = 177 Oy(73) = -182.5 Oz(73) = -838.5 Ox(74) = 201 Oy(74) = -182.5 Oz(74) = -838.5 Ox(75) = 218.9315 Oy(75) = -182.5 Oz(75) = -836.9312 Ox(76) = 236.863 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -835.3624 Posição e Orientação Final Posição Ox(76) = 236.863 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -835.3624 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947
--	---

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 31					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0			Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0		
Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0			Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0		
Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0			Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0		
Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0			Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0		
Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60			Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60		
Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60			Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60		
Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60			Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60		
Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125			Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125		
Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125			Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125		
Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135			Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135		
Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5			Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5		
Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643			Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643		
Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5			Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5		
Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5			Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5		
Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5			Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5		
Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5			Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5		
Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5			Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(14) = 0			tet(44) = 0		
tet(15) = 0			tet(45) = 0		
tet(16) = 30			tet(46) = 30		
tet(17) = 0			tet(47) = 0		

Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5	Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5	Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5
Ox(24) = 201	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -838.5	Ox(74) = 201	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -838.5
Ox(25) = 216.5885	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -847.5	Ox(75) = 216.5885	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -847.5
Ox(26) = 232.1769	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -856.5	Ox(76) = 232.1769	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -856.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(26) = 232.1769	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -856.5	Ox(76) = 232.1769	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -856.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 2 - Teste 32					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(14) = 0			tet(44) = 0		
tet(15) = 0			tet(45) = 0		
tet(16) = 0			tet(46) = 0		
tet(17) = -5			tet(47) = -5		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(22) = 155	Oy(22) = 182.5	Oz(22) = -838.5	Ox(72) = 155	Oy(72) = -182.5	Oz(72) = -838.5
Ox(23) = 177	Oy(23) = 182.5	Oz(23) = -838.5	Ox(73) = 177	Oy(73) = -182.5	Oz(73) = -838.5
Ox(24) = 201	Oy(24) = 182.5	Oz(24) = -838.5	Ox(74) = 201	Oy(74) = -182.5	Oz(74) = -838.5
Ox(25) = 219	Oy(25) = 182.5	Oz(25) = -838.5	Ox(75) = 219	Oy(75) = -182.5	Oz(75) = -838.5
Ox(26) = 236.9315	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -836.9312	Ox(76) = 236.9315	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -836.9312
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(26) = 236.9315	Oy(26) = 182.5	Oz(26) = -836.9312	Ox(76) = 236.9315	Oy(76) = -182.5	Oz(76) = -836.9312
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947
Junta Interna ao dedo 2 - Teste 33					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		

tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(14) = 0 tet(15) = 0 tet(16) = 0 tet(17) = 30 Descrição das posições Ox(22) = 155 Oy(22) = 182.5 Oz(22) = -838.5 Ox(23) = 177 Oy(23) = 182.5 Oz(23) = -838.5 Ox(24) = 201 Oy(24) = 182.5 Oz(24) = -838.5 Ox(25) = 219 Oy(25) = 182.5 Oz(25) = -838.5 Ox(26) = 234.5885 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -847.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(26) = 234.5885 Oy(26) = 182.5 Oz(26) = -847.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254			tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(44) = 0 tet(45) = 0 tet(46) = 0 tet(47) = 30 Descrição das posições Ox(72) = 155 Oy(72) = -182.5 Oz(72) = -838.5 Ox(73) = 177 Oy(73) = -182.5 Oz(73) = -838.5 Ox(74) = 201 Oy(74) = -182.5 Oz(74) = -838.5 Ox(75) = 219 Oy(75) = -182.5 Oz(75) = -838.5 Ox(76) = 234.5885 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -847.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(76) = 234.5885 Oy(76) = -182.5 Oz(76) = -847.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254		
Junta Interna ao dedo 3 - Teste 34					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5			Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5		

Configuração Atual (em graus) tet(18) = -5 tet(19) = 0 tet(20) = 0 tet(21) = 0 Descrição das posições Ox(27) = 155 Oy(27) = 168.5 Oz(27) = -838.5 Ox(28) = 176.9163 Oy(28) = 168.5 Oz(28) = -836.5826 Ox(29) = 205.8059 Oy(29) = 168.5 Oz(29) = -834.0551 Ox(30) = 223.7374 Oy(30) = 168.5 Oz(30) = -832.4863 Ox(31) = 240.6727 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -831.0046 Posição e Orientação Final Posição Ox(31) = 240.6727 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -831.0046 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947	Configuração Atual (em graus) tet(48) = -5 tet(49) = 0 tet(50) = 0 tet(51) = 0 Descrição das posições Ox(77) = 155 Oy(77) = -168.5 Oz(77) = -838.5 Ox(78) = 176.9163 Oy(78) = -168.5 Oz(78) = -836.5826 Ox(79) = 205.8059 Oy(79) = -168.5 Oz(79) = -834.0551 Ox(80) = 223.7374 Oy(80) = -168.5 Oz(80) = -832.4863 Ox(81) = 240.6727 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -831.0046 Posição e Orientação Final Posição Ox(81) = 240.6727 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -831.0046 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947
Junta Interna ao dedo 3 - Teste 35	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(18) = 30 tet(19) = 0 tet(20) = 0 tet(21) = 0 Descrição das posições Ox(27) = 155 Oy(27) = 168.5 Oz(27) = -838.5 Ox(28) = 174.0526 Oy(28) = 168.5 Oz(28) = -849.5 Ox(29) = 199.1673 Oy(29) = 168.5 Oz(29) = -864 Ox(30) = 214.7557 Oy(30) = 168.5 Oz(30) = -873 Ox(31) = 229.4782 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -881.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(31) = 229.4782 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -881.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(48) = 30 tet(49) = 0 tet(50) = 0 tet(51) = 0 Descrição das posições Ox(77) = 155 Oy(77) = -168.5 Oz(77) = -838.5 Ox(78) = 174.0526 Oy(78) = -168.5 Oz(78) = -849.5 Ox(79) = 199.1673 Oy(79) = -168.5 Oz(79) = -864 Ox(80) = 214.7557 Oy(80) = -168.5 Oz(80) = -873 Ox(81) = 229.4782 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -881.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(81) = 229.4782 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -881.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 3 - Teste 36							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125		Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125	
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135		Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135	
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5		Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5	
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643		Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643	
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5		Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5	
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5		Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5	
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5		Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5	
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5		Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5	
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5		Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5	
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(18) = 0				tet(48) = 0			
tet(19) = -5				tet(49) = -5			
tet(20) = 0				tet(50) = 0			
tet(21) = 0				tet(51) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5		Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5	
Ox(28) = 177	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -838.5		Ox(78) = 177	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -838.5	
Ox(29) = 205.8896	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -835.9725		Ox(79) = 205.8896	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -835.9725	
Ox(30) = 223.8212	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -834.4037		Ox(80) = 223.8212	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -834.4037	
Ox(31) = 240.7565	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -832.9221		Ox(81) = 240.7565	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -832.9221	
Posição e Orientação Final				Posição e Orientação Final			
Posição				Posição			
Ox(31) = 240.7565	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -832.9221		Ox(81) = 240.7565	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -832.9221	
Matriz de Orientação				Matriz de Orientação			
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02		Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0		Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947		Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	
Junta Interna ao dedo 3 - Teste 37							
Perna Esquerda				Perna Direita			
Configuração Atual (em graus)				Configuração Atual (em graus)			
tet(1) = 0				tet(31) = 0			
tet(2) = 0				tet(32) = 0			
tet(3) = 0				tet(33) = 0			
tet(4) = 0				tet(34) = 0			
tet(5) = 0				tet(35) = 0			
tet(6) = 0				tet(36) = 0			
tet(7) = 0				tet(37) = 0			
tet(8) = 0				tet(38) = 0			
tet(9) = 0				tet(39) = 0			
Descrição das posições				Descrição das posições			
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0		Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0	
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0		Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0	
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0		Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0	
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0		Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0	
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60		Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60	
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60		Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60	
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60		Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60	
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125		Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125	

Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(18) = 0 tet(19) = 30 tet(20) = 0 tet(21) = 0 Descrição das posições Ox(27) = 155 Oy(27) = 168.5 Oz(27) = -838.5 Ox(28) = 177 Oy(28) = 168.5 Oz(28) = -838.5 Ox(29) = 202.1147 Oy(29) = 168.5 Oz(29) = -853 Ox(30) = 217.7032 Oy(30) = 168.5 Oz(30) = -862 Ox(31) = 232.4256 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -870.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(31) = 232.4256 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -870.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(48) = 0 tet(49) = 30 tet(50) = 0 tet(51) = 0 Descrição das posições Ox(77) = 155 Oy(77) = -168.5 Oz(77) = -838.5 Ox(78) = 177 Oy(78) = -168.5 Oz(78) = -838.5 Ox(79) = 202.1147 Oy(79) = -168.5 Oz(79) = -853 Ox(80) = 217.7032 Oy(80) = -168.5 Oz(80) = -862 Ox(81) = 232.4256 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -870.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(81) = 232.4256 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -870.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254
Junta Interna ao dedo 3 - Teste 38	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(18) = 0 tet(19) = 0 tet(20) = -5 tet(21) = 0 Descrição das posições Ox(27) = 155 Oy(27) = 168.5 Oz(27) = -838.5 Ox(28) = 177 Oy(28) = 168.5 Oz(28) = -838.5 Ox(29) = 206 Oy(29) = 168.5 Oz(29) = -838.5 Ox(30) = 223.9315 Oy(30) = 168.5 Oz(30) = -836.9312 Ox(31) = 240.8668 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -835.4496	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(48) = 0 tet(49) = 0 tet(50) = -5 tet(51) = 0 Descrição das posições Ox(77) = 155 Oy(77) = -168.5 Oz(77) = -838.5 Ox(78) = 177 Oy(78) = -168.5 Oz(78) = -838.5 Ox(79) = 206 Oy(79) = -168.5 Oz(79) = -838.5 Ox(80) = 223.9315 Oy(80) = -168.5 Oz(80) = -836.9312 Ox(81) = 240.8668 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -835.4496

Posição e Orientação Final Posição $Ox(31) = 240.8668$ $Oy(31) = 168.5$ $Oz(31) = -835.4496$ Matriz de Orientação $Nx = .9961947$ $Sx = 0$ $Ax = -8.715574E-02$ $Ny = 0$ $Sy = 1$ $Ay = 0$ $Nz = 8.715574E-02$ $Sz = 0$ $Az = .9961947$			Posição e Orientação Final Posição $Ox(81) = 240.8668$ $Oy(81) = -168.5$ $Oz(81) = -835.4496$ Matriz de Orientação $Nx = .9961947$ $Sx = 0$ $Ax = -8.715574E-02$ $Ny = 0$ $Sy = 1$ $Ay = 0$ $Nz = 8.715574E-02$ $Sz = 0$ $Az = .9961947$		
Junta Interna ao dedo 3 - Teste 39					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus) $tet(1) = 0$ $tet(2) = 0$ $tet(3) = 0$ $tet(4) = 0$ $tet(5) = 0$ $tet(6) = 0$ $tet(7) = 0$ $tet(8) = 0$ $tet(9) = 0$ Descrição das posições $Ox(0) = 0$ $Oy(0) = 0$ $Oz(0) = 0$ $Ox(1) = 0$ $Oy(1) = 0$ $Oz(1) = 0$ $Ox(2) = 0$ $Oy(2) = 162.5$ $Oz(2) = 0$ $Ox(3) = 80$ $Oy(3) = 162.5$ $Oz(3) = 0$ $Ox(4) = 80$ $Oy(4) = 162.5$ $Oz(4) = -60$ $Ox(5) = 40$ $Oy(5) = 162.5$ $Oz(5) = -60$ $Ox(6) = 40$ $Oy(6) = 187.5$ $Oz(6) = -60$ $Ox(7) = 40$ $Oy(7) = 187.5$ $Oz(7) = -125$ $Ox(8) = 40$ $Oy(8) = 162.5$ $Oz(8) = -125$ $Ox(9) = 40$ $Oy(9) = 162.5$ $Oz(9) = -135$ $Ox(10) = 40$ $Oy(10) = 162.5$ $Oz(10) = -467.5$ $Ox(11) = 40$ $Oy(11) = 162.5$ $Oz(11) = -643$ $Ox(12) = 40$ $Oy(12) = 162.5$ $Oz(12) = -828.5$ $Ox(13) = 40$ $Oy(13) = 162.5$ $Oz(13) = -833.5$ $Ox(14) = 40$ $Oy(14) = 162.5$ $Oz(14) = -838.5$ $Ox(15) = 116$ $Oy(15) = 162.5$ $Oz(15) = -838.5$ $Ox(16) = 155$ $Oy(16) = 162.5$ $Oz(16) = -838.5$ Configuração Atual (em graus) $tet(18) = 0$ $tet(19) = 0$ $tet(20) = 30$ $tet(21) = 0$ Descrição das posições $Ox(27) = 155$ $Oy(27) = 168.5$ $Oz(27) = -838.5$ $Ox(28) = 177$ $Oy(28) = 168.5$ $Oz(28) = -838.5$ $Ox(29) = 206$ $Oy(29) = 168.5$ $Oz(29) = -838.5$ $Ox(30) = 221.5885$ $Oy(30) = 168.5$ $Oz(30) = -847.5$ $Ox(31) = 236.3109$ $Oy(31) = 168.5$ $Oz(31) = -856$ Posição e Orientação Final Posição $Ox(31) = 236.3109$ $Oy(31) = 168.5$ $Oz(31) = -856$ Matriz de Orientação $Nx = .8660254$ $Sx = 0$ $Ax = .5$ $Ny = 0$ $Sy = 1$ $Ay = 0$ $Nz = -.5$ $Sz = 0$ $Az = .8660254$			Configuração Atual (em graus) $tet(31) = 0$ $tet(32) = 0$ $tet(33) = 0$ $tet(34) = 0$ $tet(35) = 0$ $tet(36) = 0$ $tet(37) = 0$ $tet(38) = 0$ $tet(39) = 0$ Descrição das posições $Ox(50) = 0$ $Oy(50) = 0$ $Oz(50) = 0$ $Ox(51) = 0$ $Oy(51) = 0$ $Oz(51) = 0$ $Ox(52) = 0$ $Oy(52) = -162.5$ $Oz(52) = 0$ $Ox(53) = 80$ $Oy(53) = -162.5$ $Oz(53) = 0$ $Ox(54) = 80$ $Oy(54) = -162.5$ $Oz(54) = -60$ $Ox(55) = 40$ $Oy(55) = -162.5$ $Oz(55) = -60$ $Ox(56) = 40$ $Oy(56) = -187.5$ $Oz(56) = -60$ $Ox(57) = 40$ $Oy(57) = -187.5$ $Oz(57) = -125$ $Ox(58) = 40$ $Oy(58) = -162.5$ $Oz(58) = -125$ $Ox(59) = 40$ $Oy(59) = -162.5$ $Oz(59) = -135$ $Ox(60) = 40$ $Oy(60) = -162.5$ $Oz(60) = -467.5$ $Ox(61) = 40$ $Oy(61) = -162.5$ $Oz(61) = -643$ $Ox(62) = 40$ $Oy(62) = -162.5$ $Oz(62) = -828.5$ $Ox(63) = 40$ $Oy(63) = -162.5$ $Oz(63) = -833.5$ $Ox(64) = 40$ $Oy(64) = -162.5$ $Oz(64) = -838.5$ $Ox(65) = 116$ $Oy(65) = -162.5$ $Oz(65) = -838.5$ $Ox(66) = 155$ $Oy(66) = -162.5$ $Oz(66) = -838.5$ Configuração Atual (em graus) $tet(48) = 0$ $tet(49) = 0$ $tet(50) = 30$ $tet(51) = 0$ Descrição das posições $Ox(77) = 155$ $Oy(77) = -168.5$ $Oz(77) = -838.5$ $Ox(78) = 177$ $Oy(78) = -168.5$ $Oz(78) = -838.5$ $Ox(79) = 206$ $Oy(79) = -168.5$ $Oz(79) = -838.5$ $Ox(80) = 221.5885$ $Oy(80) = -168.5$ $Oz(80) = -847.5$ $Ox(81) = 236.3109$ $Oy(81) = -168.5$ $Oz(81) = -856$ Posição e Orientação Final Posição $Ox(81) = 236.3109$ $Oy(81) = -168.5$ $Oz(81) = -856$ Matriz de Orientação $Nx = .8660254$ $Sx = 0$ $Ax = .5$ $Ny = 0$ $Sy = 1$ $Ay = 0$ $Nz = -.5$ $Sz = 0$ $Az = .8660254$		
Junta Interna ao dedo 3 - Teste 40					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus) $tet(1) = 0$ $tet(2) = 0$ $tet(3) = 0$ $tet(4) = 0$ $tet(5) = 0$ $tet(6) = 0$ $tet(7) = 0$ $tet(8) = 0$ $tet(9) = 0$ Descrição das posições $Ox(0) = 0$ $Oy(0) = 0$ $Oz(0) = 0$			Configuração Atual (em graus) $tet(31) = 0$ $tet(32) = 0$ $tet(33) = 0$ $tet(34) = 0$ $tet(35) = 0$ $tet(36) = 0$ $tet(37) = 0$ $tet(38) = 0$ $tet(39) = 0$ Descrição das posições $Ox(50) = 0$ $Oy(50) = 0$ $Oz(50) = 0$		

Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(18) = 0 tet(19) = 0 tet(20) = 0 tet(21) = -5 Descrição das posições Ox(27) = 155 Oy(27) = 168.5 Oz(27) = -838.5 Ox(28) = 177 Oy(28) = 168.5 Oz(28) = -838.5 Ox(29) = 206 Oy(29) = 168.5 Oz(29) = -838.5 Ox(30) = 224 Oy(30) = 168.5 Oz(30) = -838.5 Ox(31) = 240.9353 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -837.0184 Posição e Orientação Final Posição Ox(31) = 240.9353 Oy(31) = 168.5 Oz(31) = -837.0184 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947	Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(48) = 0 tet(49) = 0 tet(50) = 0 tet(51) = -5 Descrição das posições Ox(77) = 155 Oy(77) = -168.5 Oz(77) = -838.5 Ox(78) = 177 Oy(78) = -168.5 Oz(78) = -838.5 Ox(79) = 206 Oy(79) = -168.5 Oz(79) = -838.5 Ox(80) = 224 Oy(80) = -168.5 Oz(80) = -838.5 Ox(81) = 240.9353 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -837.0184 Posição e Orientação Final Posição Ox(81) = 240.9353 Oy(81) = -168.5 Oz(81) = -837.0184 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947
Junta Interna ao dedo 3 - Teste 41	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(18) = 0 tet(19) = 0 tet(20) = 0 tet(21) = 30	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(48) = 0 tet(49) = 0 tet(50) = 0 tet(51) = 30

Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(27) = 155	Oy(27) = 168.5	Oz(27) = -838.5	Ox(77) = 155	Oy(77) = -168.5	Oz(77) = -838.5
Ox(28) = 177	Oy(28) = 168.5	Oz(28) = -838.5	Ox(78) = 177	Oy(78) = -168.5	Oz(78) = -838.5
Ox(29) = 206	Oy(29) = 168.5	Oz(29) = -838.5	Ox(79) = 206	Oy(79) = -168.5	Oz(79) = -838.5
Ox(30) = 224	Oy(30) = 168.5	Oz(30) = -838.5	Ox(80) = 224	Oy(80) = -168.5	Oz(80) = -838.5
Ox(31) = 238.7224	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -847	Ox(81) = 238.7224	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -847
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(31) = 238.7224	Oy(31) = 168.5	Oz(31) = -847	Ox(81) = 238.7224	Oy(81) = -168.5	Oz(81) = -847
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254
Junta Interna ao dedo 4 - Teste 42			Junta Interna ao dedo 4 - Teste 42		
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(22) = -5			tet(52) = -5		
tet(23) = 0			tet(53) = 0		
tet(24) = 0			tet(54) = 0		
tet(25) = 0			tet(55) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5	Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5
Ox(33) = 188.8706	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -835.5367	Ox(83) = 188.8706	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -835.5367
Ox(34) = 217.7603	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -833.0092	Ox(84) = 217.7603	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -833.0092
Ox(35) = 235.6918	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -831.4404	Ox(85) = 235.6918	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -831.4404
Ox(36) = 252.6271	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -829.9587	Ox(86) = 252.6271	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -829.9587
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(36) = 252.6271	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -829.9587	Ox(86) = 252.6271	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -829.9587
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947
Junta Interna ao dedo 4 - Teste 43			Junta Interna ao dedo 4 - Teste 43		
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		

tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(22) = 30 tet(23) = 0 tet(24) = 0 tet(25) = 0 Descrição das posições Ox(32) = 155 Oy(32) = 154.5 Oz(32) = -838.5 Ox(33) = 184.4449 Oy(33) = 154.5 Oz(33) = -855.5 Ox(34) = 209.5596 Oy(34) = 154.5 Oz(34) = -870 Ox(35) = 225.1481 Oy(35) = 154.5 Oz(35) = -879 Ox(36) = 239.8705 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -887.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(36) = 239.8705 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -887.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(52) = 30 tet(53) = 0 tet(54) = 0 tet(55) = 0 Descrição das posições Ox(82) = 155 Oy(82) = -154.5 Oz(82) = -838.5 Ox(83) = 184.4449 Oy(83) = -154.5 Oz(83) = -855.5 Ox(84) = 209.5596 Oy(84) = -154.5 Oz(84) = -870 Ox(85) = 225.1481 Oy(85) = -154.5 Oz(85) = -879 Ox(86) = 239.8705 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -887.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(86) = 239.8705 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -887.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254
Junta Interna ao dedo 4 - Teste 44	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5

Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(22) = 0 tet(23) = -5 tet(24) = 0 tet(25) = 0 Descrição das posições Ox(32) = 155 Oy(32) = 154.5 Oz(32) = -838.5 Ox(33) = 189 Oy(33) = 154.5 Oz(33) = -838.5 Ox(34) = 217.8896 Oy(34) = 154.5 Oz(34) = -835.9725 Ox(35) = 235.8212 Oy(35) = 154.5 Oz(35) = -834.4037 Ox(36) = 252.7565 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -832.9221 Posição e Orientação Final Posição Ox(36) = 252.7565 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -832.9221 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947	Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(52) = 0 tet(53) = -5 tet(54) = 0 tet(55) = 0 Descrição das posições Ox(82) = 155 Oy(82) = -154.5 Oz(82) = -838.5 Ox(83) = 189 Oy(83) = -154.5 Oz(83) = -838.5 Ox(84) = 217.8896 Oy(84) = -154.5 Oz(84) = -835.9725 Ox(85) = 235.8212 Oy(85) = -154.5 Oz(85) = -834.4037 Ox(86) = 252.7565 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -832.9221 Posição e Orientação Final Posição Ox(86) = 252.7565 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -832.9221 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947
Junta Interna ao dedo 4 - Teste 45	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(22) = 0 tet(23) = 30 tet(24) = 0 tet(25) = 0 Descrição das posições Ox(32) = 155 Oy(32) = 154.5 Oz(32) = -838.5 Ox(33) = 189 Oy(33) = 154.5 Oz(33) = -838.5 Ox(34) = 214.1147 Oy(34) = 154.5 Oz(34) = -853 Ox(35) = 229.7032 Oy(35) = 154.5 Oz(35) = -862 Ox(36) = 244.4256 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -870.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(36) = 244.4256 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -870.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(52) = 0 tet(53) = 30 tet(54) = 0 tet(55) = 0 Descrição das posições Ox(82) = 155 Oy(82) = -154.5 Oz(82) = -838.5 Ox(83) = 189 Oy(83) = -154.5 Oz(83) = -838.5 Ox(84) = 214.1147 Oy(84) = -154.5 Oz(84) = -853 Ox(85) = 229.7032 Oy(85) = -154.5 Oz(85) = -862 Ox(86) = 244.4256 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -870.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(86) = 244.4256 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -870.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 4 - Teste 46					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(22) = 0			tet(52) = 0		
tet(23) = 0			tet(53) = 0		
tet(24) = -5			tet(54) = -5		
tet(25) = 0			tet(55) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(32) = 155	Oy(32) = 154.5	Oz(32) = -838.5	Ox(82) = 155	Oy(82) = -154.5	Oz(82) = -838.5
Ox(33) = 189	Oy(33) = 154.5	Oz(33) = -838.5	Ox(83) = 189	Oy(83) = -154.5	Oz(83) = -838.5
Ox(34) = 218	Oy(34) = 154.5	Oz(34) = -838.5	Ox(84) = 218	Oy(84) = -154.5	Oz(84) = -838.5
Ox(35) = 235.9315	Oy(35) = 154.5	Oz(35) = -836.9312	Ox(85) = 235.9315	Oy(85) = -154.5	Oz(85) = -836.9312
Ox(36) = 252.8668	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -835.4496	Ox(86) = 252.8668	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -835.4496
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(36) = 252.8668	Oy(36) = 154.5	Oz(36) = -835.4496	Ox(86) = 252.8668	Oy(86) = -154.5	Oz(86) = -835.4496
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947
Junta Interna ao dedo 4 - Teste 47					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125

Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(22) = 0 tet(23) = 0 tet(24) = 30 tet(25) = 0 Descrição das posições Ox(32) = 155 Oy(32) = 154.5 Oz(32) = -838.5 Ox(33) = 189 Oy(33) = 154.5 Oz(33) = -838.5 Ox(34) = 218 Oy(34) = 154.5 Oz(34) = -838.5 Ox(35) = 233.5885 Oy(35) = 154.5 Oz(35) = -847.5 Ox(36) = 248.3109 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -856 Posição e Orientação Final Posição Ox(36) = 248.3109 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -856 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(52) = 0 tet(53) = 0 tet(54) = 30 tet(55) = 0 Descrição das posições Ox(82) = 155 Oy(82) = -154.5 Oz(82) = -838.5 Ox(83) = 189 Oy(83) = -154.5 Oz(83) = -838.5 Ox(84) = 218 Oy(84) = -154.5 Oz(84) = -838.5 Ox(85) = 233.5885 Oy(85) = -154.5 Oz(85) = -847.5 Ox(86) = 248.3109 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -856 Posição e Orientação Final Posição Ox(86) = 248.3109 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -856 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254
Junta Interna ao dedo 4 - Teste 48	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(22) = 0 tet(23) = 0 tet(24) = 0 tet(25) = -5 Descrição das posições Ox(32) = 155 Oy(32) = 154.5 Oz(32) = -838.5 Ox(33) = 189 Oy(33) = 154.5 Oz(33) = -838.5 Ox(34) = 218 Oy(34) = 154.5 Oz(34) = -838.5 Ox(35) = 236 Oy(35) = 154.5 Oz(35) = -838.5 Ox(36) = 252.9353 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -837.0184	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(52) = 0 tet(53) = 0 tet(54) = 0 tet(55) = -5 Descrição das posições Ox(82) = 155 Oy(82) = -154.5 Oz(82) = -838.5 Ox(83) = 189 Oy(83) = -154.5 Oz(83) = -838.5 Ox(84) = 218 Oy(84) = -154.5 Oz(84) = -838.5 Ox(85) = 236 Oy(85) = -154.5 Oz(85) = -838.5 Ox(86) = 252.9353 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -837.0184

Posição e Orientação Final Posição Ox(36) = 252.9353 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -837.0184 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947			Posição e Orientação Final Posição Ox(86) = 252.9353 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -837.0184 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947		
Junta Interna ao dedo 4 - Teste 49					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(22) = 0 tet(23) = 0 tet(24) = 0 tet(25) = 30 Descrição das posições Ox(32) = 155 Oy(32) = 154.5 Oz(32) = -838.5 Ox(33) = 189 Oy(33) = 154.5 Oz(33) = -838.5 Ox(34) = 218 Oy(34) = 154.5 Oz(34) = -838.5 Ox(35) = 236 Oy(35) = 154.5 Oz(35) = -838.5 Ox(36) = 250.7224 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -847 Posição e Orientação Final Posição Ox(36) = 250.7224 Oy(36) = 154.5 Oz(36) = -847 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254			Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(52) = 0 tet(53) = 0 tet(54) = 0 tet(55) = 30 Descrição das posições Ox(82) = 155 Oy(82) = -154.5 Oz(82) = -838.5 Ox(83) = 189 Oy(83) = -154.5 Oz(83) = -838.5 Ox(84) = 218 Oy(84) = -154.5 Oz(84) = -838.5 Ox(85) = 236 Oy(85) = -154.5 Oz(85) = -838.5 Ox(86) = 250.7224 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -847 Posição e Orientação Final Posição Ox(86) = 250.7224 Oy(86) = -154.5 Oz(86) = -847 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254		
Junta Interna ao dedo 5 - Teste 50					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0			Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0		

Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(26) = -5 tet(27) = 0 tet(28) = 0 tet(29) = 0 Descrição das posições Ox(37) = 155 Oy(37) = 139.5 Oz(37) = -838.5 Ox(38) = 183.8896 Oy(38) = 139.5 Oz(38) = -835.9725 Ox(39) = 212.7793 Oy(39) = 139.5 Oz(39) = -833.4449 Ox(40) = 230.7108 Oy(40) = 139.5 Oz(40) = -831.8762 Ox(41) = 248.6423 Oy(41) = 139.5 Oz(41) = -830.3074 Posição e Orientação Final Posição Ox(41) = 248.6423 Oy(41) = 139.5 Oz(41) = -830.3074 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947	Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(56) = -5 tet(57) = 0 tet(58) = 0 tet(59) = 0 Descrição das posições Ox(87) = 155 Oy(87) = -139.5 Oz(87) = -838.5 Ox(88) = 183.8896 Oy(88) = -139.5 Oz(88) = -835.9725 Ox(89) = 212.7793 Oy(89) = -139.5 Oz(89) = -833.4449 Ox(90) = 230.7108 Oy(90) = -139.5 Oz(90) = -831.8762 Ox(91) = 248.6423 Oy(91) = -139.5 Oz(91) = -830.3074 Posição e Orientação Final Posição Ox(91) = 248.6423 Oy(91) = -139.5 Oz(91) = -830.3074 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947
Junta Interna ao dedo 5 - Teste 51	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(26) = 30 tet(27) = 0 tet(28) = 0 tet(29) = 0 Descrição das posições Ox(37) = 155 Oy(37) = 139.5 Oz(37) = -838.5	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(56) = 30 tet(57) = 0 tet(58) = 0 tet(59) = 0 Descrição das posições Ox(87) = 155 Oy(87) = -139.5 Oz(87) = -838.5

Ox(38) = 180.1147	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -853	Ox(88) = 180.1147	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -853
Ox(39) = 205.2295	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -867.5	Ox(89) = 205.2295	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -867.5
Ox(40) = 220.8179	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -876.5	Ox(90) = 220.8179	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -876.5
Ox(41) = 236.4064	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -885.5	Ox(91) = 236.4064	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -885.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(41) = 236.4064	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -885.5	Ox(91) = 236.4064	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -885.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 52

Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(26) = 0			tet(56) = 0		
tet(27) = -5			tet(57) = -5		
tet(28) = 0			tet(58) = 0		
tet(29) = 0			tet(59) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5	Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5	Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5
Ox(39) = 212.8896	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -835.9725	Ox(89) = 212.8896	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -835.9725
Ox(40) = 230.8212	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -834.4037	Ox(90) = 230.8212	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -834.4037
Ox(41) = 248.7527	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -832.8349	Ox(91) = 248.7527	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -832.8349
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(41) = 248.7527	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -832.8349	Ox(91) = 248.7527	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -832.8349
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 53

Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		

tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(26) = 0 tet(27) = 30 tet(28) = 0 tet(29) = 0 Descrição das posições Ox(37) = 155 Oy(37) = 139.5 Oz(37) = -838.5 Ox(38) = 184 Oy(38) = 139.5 Oz(38) = -838.5 Ox(39) = 209.1147 Oy(39) = 139.5 Oz(39) = -853 Ox(40) = 224.7032 Oy(40) = 139.5 Oz(40) = -862 Ox(41) = 240.2916 Oy(41) = 139.5 Oz(41) = -871 Posição e Orientação Final Posição Ox(41) = 240.2916 Oy(41) = 139.5 Oz(41) = -871 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(56) = 0 tet(57) = 30 tet(58) = 0 tet(59) = 0 Descrição das posições Ox(87) = 155 Oy(87) = -139.5 Oz(87) = -838.5 Ox(88) = 184 Oy(88) = -139.5 Oz(88) = -838.5 Ox(89) = 209.1147 Oy(89) = -139.5 Oz(89) = -853 Ox(90) = 224.7032 Oy(90) = -139.5 Oz(90) = -862 Ox(91) = 240.2916 Oy(91) = -139.5 Oz(91) = -871 Posição e Orientação Final Posição Ox(91) = 240.2916 Oy(91) = -139.5 Oz(91) = -871 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254
Junta Interna ao dedo 5 - Teste 54	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(26) = 0	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(56) = 0

tet(27) = 0 tet(28) = -5 tet(29) = 0 Descrição das posições Ox(37) = 155 Oy(37) = 139.5 Oz(37) = -838.5 Ox(38) = 184 Oy(38) = 139.5 Oz(38) = -838.5 Ox(39) = 213 Oy(39) = 139.5 Oz(39) = -838.5 Ox(40) = 230.9315 Oy(40) = 139.5 Oz(40) = -836.9312 Ox(41) = 248.863 Oy(41) = 139.5 Oz(41) = -835.3624 Posição e Orientação Final Posição Ox(41) = 248.863 Oy(41) = 139.5 Oz(41) = -835.3624 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947	tet(57) = 0 tet(58) = -5 tet(59) = 0 Descrição das posições Ox(87) = 155 Oy(87) = -139.5 Oz(87) = -838.5 Ox(88) = 184 Oy(88) = -139.5 Oz(88) = -838.5 Ox(89) = 213 Oy(89) = -139.5 Oz(89) = -838.5 Ox(90) = 230.9315 Oy(90) = -139.5 Oz(90) = -836.9312 Ox(91) = 248.863 Oy(91) = -139.5 Oz(91) = -835.3624 Posição e Orientação Final Posição Ox(91) = 248.863 Oy(91) = -139.5 Oz(91) = -835.3624 Matriz de Orientação Nx = .9961947 Sx = 0 Ax = -8.715574E-02 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = 8.715574E-02 Sz = 0 Az = .9961947
Junta Interna ao dedo 5 - Teste 55	
Perna Esquerda	Perna Direita
Configuração Atual (em graus) tet(1) = 0 tet(2) = 0 tet(3) = 0 tet(4) = 0 tet(5) = 0 tet(6) = 0 tet(7) = 0 tet(8) = 0 tet(9) = 0 Descrição das posições Ox(0) = 0 Oy(0) = 0 Oz(0) = 0 Ox(1) = 0 Oy(1) = 0 Oz(1) = 0 Ox(2) = 0 Oy(2) = 162.5 Oz(2) = 0 Ox(3) = 80 Oy(3) = 162.5 Oz(3) = 0 Ox(4) = 80 Oy(4) = 162.5 Oz(4) = -60 Ox(5) = 40 Oy(5) = 162.5 Oz(5) = -60 Ox(6) = 40 Oy(6) = 187.5 Oz(6) = -60 Ox(7) = 40 Oy(7) = 187.5 Oz(7) = -125 Ox(8) = 40 Oy(8) = 162.5 Oz(8) = -125 Ox(9) = 40 Oy(9) = 162.5 Oz(9) = -135 Ox(10) = 40 Oy(10) = 162.5 Oz(10) = -467.5 Ox(11) = 40 Oy(11) = 162.5 Oz(11) = -643 Ox(12) = 40 Oy(12) = 162.5 Oz(12) = -828.5 Ox(13) = 40 Oy(13) = 162.5 Oz(13) = -833.5 Ox(14) = 40 Oy(14) = 162.5 Oz(14) = -838.5 Ox(15) = 116 Oy(15) = 162.5 Oz(15) = -838.5 Ox(16) = 155 Oy(16) = 162.5 Oz(16) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(26) = 0 tet(27) = 0 tet(28) = 30 tet(29) = 0 Descrição das posições Ox(37) = 155 Oy(37) = 139.5 Oz(37) = -838.5 Ox(38) = 184 Oy(38) = 139.5 Oz(38) = -838.5 Ox(39) = 213 Oy(39) = 139.5 Oz(39) = -838.5 Ox(40) = 228.5885 Oy(40) = 139.5 Oz(40) = -847.5 Ox(41) = 244.1769 Oy(41) = 139.5 Oz(41) = -856.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(41) = 244.1769 Oy(41) = 139.5 Oz(41) = -856.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254	Configuração Atual (em graus) tet(31) = 0 tet(32) = 0 tet(33) = 0 tet(34) = 0 tet(35) = 0 tet(36) = 0 tet(37) = 0 tet(38) = 0 tet(39) = 0 Descrição das posições Ox(50) = 0 Oy(50) = 0 Oz(50) = 0 Ox(51) = 0 Oy(51) = 0 Oz(51) = 0 Ox(52) = 0 Oy(52) = -162.5 Oz(52) = 0 Ox(53) = 80 Oy(53) = -162.5 Oz(53) = 0 Ox(54) = 80 Oy(54) = -162.5 Oz(54) = -60 Ox(55) = 40 Oy(55) = -162.5 Oz(55) = -60 Ox(56) = 40 Oy(56) = -187.5 Oz(56) = -60 Ox(57) = 40 Oy(57) = -187.5 Oz(57) = -125 Ox(58) = 40 Oy(58) = -162.5 Oz(58) = -125 Ox(59) = 40 Oy(59) = -162.5 Oz(59) = -135 Ox(60) = 40 Oy(60) = -162.5 Oz(60) = -467.5 Ox(61) = 40 Oy(61) = -162.5 Oz(61) = -643 Ox(62) = 40 Oy(62) = -162.5 Oz(62) = -828.5 Ox(63) = 40 Oy(63) = -162.5 Oz(63) = -833.5 Ox(64) = 40 Oy(64) = -162.5 Oz(64) = -838.5 Ox(65) = 116 Oy(65) = -162.5 Oz(65) = -838.5 Ox(66) = 155 Oy(66) = -162.5 Oz(66) = -838.5 Configuração Atual (em graus) tet(56) = 0 tet(57) = 0 tet(58) = 30 tet(59) = 0 Descrição das posições Ox(87) = 155 Oy(87) = -139.5 Oz(87) = -838.5 Ox(88) = 184 Oy(88) = -139.5 Oz(88) = -838.5 Ox(89) = 213 Oy(89) = -139.5 Oz(89) = -838.5 Ox(90) = 228.5885 Oy(90) = -139.5 Oz(90) = -847.5 Ox(91) = 244.1769 Oy(91) = -139.5 Oz(91) = -856.5 Posição e Orientação Final Posição Ox(91) = 244.1769 Oy(91) = -139.5 Oz(91) = -856.5 Matriz de Orientação Nx = .8660254 Sx = 0 Ax = .5 Ny = 0 Sy = 1 Ay = 0 Nz = -.5 Sz = 0 Az = .8660254

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 56					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125
Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(26) = 0			tet(56) = 0		
tet(27) = 0			tet(57) = 0		
tet(28) = 0			tet(58) = 0		
tet(29) = -5			tet(59) = -5		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5	Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5	Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5
Ox(39) = 213	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -838.5	Ox(89) = 213	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -838.5
Ox(40) = 231	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -838.5	Ox(90) = 231	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -838.5
Ox(41) = 248.9315	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -836.9312	Ox(91) = 248.9315	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -836.9312
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(41) = 248.9315	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -836.9312	Ox(91) = 248.9315	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -836.9312
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02	Nx = .9961947	Sx = 0	Ax = -8.715574E-02
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947	Nz = 8.715574E-02	Sz = 0	Az = .9961947

Junta Interna ao dedo 5 - Teste 57					
Perna Esquerda			Perna Direita		
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(1) = 0			tet(31) = 0		
tet(2) = 0			tet(32) = 0		
tet(3) = 0			tet(33) = 0		
tet(4) = 0			tet(34) = 0		
tet(5) = 0			tet(35) = 0		
tet(6) = 0			tet(36) = 0		
tet(7) = 0			tet(37) = 0		
tet(8) = 0			tet(38) = 0		
tet(9) = 0			tet(39) = 0		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(0) = 0	Oy(0) = 0	Oz(0) = 0	Ox(50) = 0	Oy(50) = 0	Oz(50) = 0
Ox(1) = 0	Oy(1) = 0	Oz(1) = 0	Ox(51) = 0	Oy(51) = 0	Oz(51) = 0
Ox(2) = 0	Oy(2) = 162.5	Oz(2) = 0	Ox(52) = 0	Oy(52) = -162.5	Oz(52) = 0
Ox(3) = 80	Oy(3) = 162.5	Oz(3) = 0	Ox(53) = 80	Oy(53) = -162.5	Oz(53) = 0
Ox(4) = 80	Oy(4) = 162.5	Oz(4) = -60	Ox(54) = 80	Oy(54) = -162.5	Oz(54) = -60
Ox(5) = 40	Oy(5) = 162.5	Oz(5) = -60	Ox(55) = 40	Oy(55) = -162.5	Oz(55) = -60
Ox(6) = 40	Oy(6) = 187.5	Oz(6) = -60	Ox(56) = 40	Oy(56) = -187.5	Oz(56) = -60
Ox(7) = 40	Oy(7) = 187.5	Oz(7) = -125	Ox(57) = 40	Oy(57) = -187.5	Oz(57) = -125
Ox(8) = 40	Oy(8) = 162.5	Oz(8) = -125	Ox(58) = 40	Oy(58) = -162.5	Oz(58) = -125

Ox(9) = 40	Oy(9) = 162.5	Oz(9) = -135	Ox(59) = 40	Oy(59) = -162.5	Oz(59) = -135
Ox(10) = 40	Oy(10) = 162.5	Oz(10) = -467.5	Ox(60) = 40	Oy(60) = -162.5	Oz(60) = -467.5
Ox(11) = 40	Oy(11) = 162.5	Oz(11) = -643	Ox(61) = 40	Oy(61) = -162.5	Oz(61) = -643
Ox(12) = 40	Oy(12) = 162.5	Oz(12) = -828.5	Ox(62) = 40	Oy(62) = -162.5	Oz(62) = -828.5
Ox(13) = 40	Oy(13) = 162.5	Oz(13) = -833.5	Ox(63) = 40	Oy(63) = -162.5	Oz(63) = -833.5
Ox(14) = 40	Oy(14) = 162.5	Oz(14) = -838.5	Ox(64) = 40	Oy(64) = -162.5	Oz(64) = -838.5
Ox(15) = 116	Oy(15) = 162.5	Oz(15) = -838.5	Ox(65) = 116	Oy(65) = -162.5	Oz(65) = -838.5
Ox(16) = 155	Oy(16) = 162.5	Oz(16) = -838.5	Ox(66) = 155	Oy(66) = -162.5	Oz(66) = -838.5
Configuração Atual (em graus)			Configuração Atual (em graus)		
tet(26) = 0			tet(56) = 0		
tet(27) = 0			tet(57) = 0		
tet(28) = 0			tet(58) = 0		
tet(29) = 30			tet(59) = 30		
Descrição das posições			Descrição das posições		
Ox(37) = 155	Oy(37) = 139.5	Oz(37) = -838.5	Ox(87) = 155	Oy(87) = -139.5	Oz(87) = -838.5
Ox(38) = 184	Oy(38) = 139.5	Oz(38) = -838.5	Ox(88) = 184	Oy(88) = -139.5	Oz(88) = -838.5
Ox(39) = 213	Oy(39) = 139.5	Oz(39) = -838.5	Ox(89) = 213	Oy(89) = -139.5	Oz(89) = -838.5
Ox(40) = 231	Oy(40) = 139.5	Oz(40) = -838.5	Ox(90) = 231	Oy(90) = -139.5	Oz(90) = -838.5
Ox(41) = 246.5885	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -847.5	Ox(91) = 246.5885	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -847.5
Posição e Orientação Final			Posição e Orientação Final		
Posição			Posição		
Ox(41) = 246.5885	Oy(41) = 139.5	Oz(41) = -847.5	Ox(91) = 246.5885	Oy(91) = -139.5	Oz(91) = -847.5
Matriz de Orientação			Matriz de Orientação		
Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5	Nx = .8660254	Sx = 0	Ax = .5
Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0	Ny = 0	Sy = 1	Ay = 0
Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254	Nz = -.5	Sz = 0	Az = .8660254

Parte 4: Resultados de simulação computacional da aplicação dos ângulos RPY de orientação

Deslocamentos angulares Horário e Antihorário combinados

Caso 1: antihorário-horário-horário VALORES DOS ANGULOS PSI=-45 TETA = 45 PHI = 45 Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = -.8535534 Ax = .1464466 Ny = .5 Sy = .1464466 Ay = .8535534 Nz = .7071068 Sz = .5 Az = .5 RESULTADOS Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = -.8535534 Ax = .1464466 Ny = .5 Sy = .1464466 Ay = .8535534 Nz = .7071068 Sz = .5 Az = .5 VALORES DOS ANGULOS Psi=-45 TETA= 45 Phi= 45	Caso 2: horário-horário-antihorário VALORES DOS ANGULOS PSI = 45 TETA = 45 PHI = -45 Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = .8535534 Ax = .1464466 Ny = .5 Sy = .1464466 Ay = -.8535534 Nz = .7071068 Sz = .5 Az = .5 RESULTADOS Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = .8535534 Ax = .1464466 Ny = .5 Sy = .1464466 Ay = -.8535534 Nz = .7071068 Sz = .5 Az = .5 VALORES DOS ANGULOS Psi= 45 TETA= 45 Phi=-45
Caso 3: horário-antihorário-horário VALORES DOS ANGULOS PSI = 45 TETA = -45 PHI = 45 Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = -.8535534 Ax = .1464466 Ny = .5 Sy = .1464466 Ay = .8535534 Nz = .7071068 Sz = .5 Az = .5 RESULTADOS Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = -.8535534 Ax = .1464466 Ny = .5 Sy = .1464466 Ay = .8535534 Nz = .7071068 Sz = .5 Az = .5 VALORES DOS ANGULOS Psi= 45 TETA=-45 Phi= 45	Caso 4: horário-antihorário-antihorário VALORES DOS ANGULOS PSI = 45 TETA = -45 PHI = -45 Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = .1464466 Ax = -.8535534 Ny = .5 Sy = .8535534 Ay = .1464466 Nz = .7071068 Sz = .5 Az = .5 RESULTADOS Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = .1464466 Ax = -.8535534 Ny = .5 Sy = .8535534 Ay = .1464466 Nz = .7071068 Sz = .5 Az = .5 VALORES DOS ANGULOS Psi= 45 TETA=-45 Phi=-45

Caso 5: antihorário-horário-antihorário VALORES DOS ANGULOS PSI=-45 TETA= 45 PHI= -45 Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = .1464466 Ax = .8535534 Ny = -.5 Sy = .8535534 Ay = .1464466 Nz = -.7071068 Sz = -.5 Az = .5 RESULTADOS Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = .1464466 Ax = .8535534 Ny = -.5 Sy = .8535534 Ay = .1464466 Nz = -.7071068 Sz = -.5 Az = .5 VALORES DOS ANGULOS Psi=-45 TETA= 45 Phi=-45	Caso 6: antihorário-antihorário-horário VALORES DOS ANGULOS PSI=-45 TETA= -45 PHI= 45 Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = -.1464466 Ax = -.8535534 Ny = .5 Sy = .8535534 Ay = .1464466 Nz = .7071068 Sz = -.5 Az = .5 RESULTADOS Matriz de Orientação Nx = .5 Sx = -.1464466 Ax = -.8535534 Ny = .5 Sy = .8535534 Ay = .1464466 Nz = .7071068 Sz = -.5 Az = .5 VALORES DOS ANGULOS Psi=-45 TETA=-45 Phi= 45
---	---

Anexo III

1. Identificação de Parâmetros – Metodologia utilizada

Devido a todo instante no controle de posição ser necessário o conhecimento da relação entre o sinal de referencia (deslocamento angular em impulsões) e o deslocamento real realizado pela junta medida em graus, foram deduzidas estatisticamente as equações de conversão para as três juntas do manipulador.

Para isso, foi elaborada uma tabela de dados para cada junta, sendo marcadas as impulsões enviadas para o motor, via PC lidas no monitor e os deslocamentos angulares conseqüentes nas respectivas juntas que foram lidos com um transferidor, fazendo assim a varredura dos espaços de trabalho usando um incremento de dez graus.

Para a obtenção da relação entre graus e impulsões, a partir das tabelas, foi desenvolvido um programa computacional que tem como por entrada de dados impulsões (x_i) e valor angular (y_i), aplicando o método da regressão linear que aproxima uma função f tabelada nos pontos x_i , $i = 1, 2, \dots, n$; $n \geq 2$ por uma reta ($y = bx + a$) usando o método dos mínimos quadrados.

Devido a imprecisão de medida na coleta gerada por vários fatores, tais como, a folga mecânica das juntas e a paralaxe presente na leitura feita dos deslocamentos angulares com o transferidor, antes de proceder o cálculo da regressão, foi estruturado no programa um processo de correção dos pontos que apresentassem desvio significativo com relação aos outros elementos do espaço amostral tratado.

Para tal, foi aplicado o método da interpolação linear sendo que, a partir da análise dos erros percentuais apresentados pelos elementos tabelados, a cada interação, é efetuado o refinamento até o grau de precisão desejado. Depois de tratados esses elementos, se processaram os cálculos dos parâmetros das equações de relação e do coeficiente de correlação para as três juntas, apresentados em seqüência.

1.1 Cálculo das equações de relação impulsões-graus

1.1.1 Equação de relação impulsões-graus para a junta 1

JUNTA 1			
AMOSTRA	IMPULSÕES	GRAUS	ERRO
1	1200	27.60678	6.702166E-03
2	1000	37.24778	1.038587E-03
3	800	46.88463	3.726587E-02
4	600	56.52853	1.179737E-03
5	402	66.06706	3.961105E-02
6	202	75.63992	8.387923E-03
7	0	85.48106	4.947032E-02
8	-200	95.10664	3.036423E-02
9	-400	104.6793	3.579486E-02
10	-600	114.3635	6.825081E-03
11	-800	124	4.276335E-03

Coeficiente de correlação: 20.7490

Equação da reta: $Y = BX + A$

A = 85.43879

B = - 4.819488E-02

1.1.2 Equação de relação impulsões-graus para a junta 2

JUNTA 2			
AMOSTRA	IMPULSÕES	GRAUS	ERRO
1	-2720	-93.76053	2.751913E - 02
2	-2440	-81.55601	5.753528E - 03
3	-2240	-72.84447	6.021922E - 03
4	-2040	-64.13897	1.160827E - 02
5	-1840	-55.437	1.258402E - 02
6	-1640	-46.73686	9.981221E - 03
7	-1440	-38.0337	1.413999E - 02
8	-1240	-29.33592	2.431596E - 03
9	-1040	-20.62918	2.426454E - 02
10	-840	-11.9315	1.982202E - 03
11	-540	1.122381	4.013203E - 02
12	-340	9.828859	4.562395E - 02
13	-140	18.53065	2.064161E - 02
14	60	27.23204	1.016393E - 02
15	260	35.93353	5.053462E - 03
16	460	44.63535	2.666535E - 03
17	660	53.33651	1.931072E - 04
18	860	62.03591	5.072813E - 03
19	1060	70.73331	1.158297E - 02
20	1260	79.43653	9.334596 E - 03

Coefficiente de correlação: 22,9820

Equação da reta: $Y = BX + A$

A = 24.61854

B = 4.351223 E - 02

1.1.3 Equação de relação impulsões-graus para a junta 3

JUNTA 3			
AMOSTRA	IMPULSÕES	GRAUS	ERRO
1	-2340	15.7554	5.081937E - 02
2	-2140	25.69459	3.988566E - 02
3	-1940	35.60575	1.349946E - 03
4	-1740	45.53493	1.917144E - 02
5	-1540	55.45955	2.238025E - 02
6	-1340	65.37691	1.351552E - 02
7	-1140	75.26664	2.971135E - 02
8	-940	85.20002	1.164869E - 02
9	-740	95.1307	1.844575E - 04
10	-540	105	4.931968E - 02
11	-340	115	2.370318E - 02
12	-140	124.9179	1.939516E - 02

Coefficiente de correlação: 20,1594

Equação da reta: $Y = BX + A$

A = 131.8383

B = 4.960467 E - 02

1.2 Equações de acoplamento

Devido ao tipo do acoplamento mecânico apresentado pelo protótipo, houve a ocorrência do efeito pantógrafo, ou seja, o deslocamento angular processado em uma junta num determinado sentido, gerou o deslocamento angular no sentido oposto da junta posterior ou das juntas posteriores, conforme o caso. Para ilustrar a situação, quando deslocamos angularmente a junta 1 no sentido horário, houve o deslocamento angular no sentido anti-horário das juntas 2 e 3 e quando deslocamos angularmente a junta 2 no sentido anti-horário, houve o deslocamento angular no sentido horário das juntas 3.

Para que haja a correção deste efeito no deslocamento, se faz necessário o envio de um sinal de ganho inversamente proporcional a defasagem apresentada nas respectivas articulações.

No caso da junta 1, não há a ocorrência do efeito pantógrafo e por consequência o ângulo real θ_{1R} é igual ao ângulo θ_{1C} consignado pelo controlador.

$$\theta_{1R} = \theta_{1C} \quad (1)$$

Na junta 2, temos a influência da junta 1, sendo assim, o angulo real θ_{2R} é obtido pela soma do ângulo θ_{2C} enviado pelo controlador para a junta 2 mais o produto do deslocamento real

$$\Delta\theta_1 = \theta_{1 \text{ posterior}} - \theta_{1 \text{ anterior}} \quad (2)$$

efetuado pela junta 1 (anterior) por um parâmetro de correção relacionado a junta 1, o qual denominamos de β , ou seja,

$$\theta_{2R} = \theta_{2C} + \beta\Delta\theta_1 \quad (3)$$

Na junta 3, temos a influência das juntas 1 e 2, sendo assim, o angulo real é obtido pela soma do ângulo consignado pelo controlador para a junta 3 mais o produto do deslocamento real $\Delta\theta_1$, efetuado pela junta 1, pelo parâmetro de correção β mais o produto do deslocamento real

$$\Delta\theta_2 = \theta_{2 \text{ posterior}} - \theta_{2 \text{ anterior}} \quad (4)$$

efetuado pela junta 2 (anterior), por um outro parâmetro de correção relacionado a junta 2, o qual denominamos de γ , ou seja,

$$\theta_{3R} = \theta_{3C} + \beta\Delta\theta_1 + \gamma\Delta\theta_2 \quad (5)$$

1.3 Cálculo de β e γ - Procedimento utilizado

Considerando inicialmente o caso do deslocamento angular da junta 1 e o deslocamento angular conseqüente da junta 2 devido ao efeito pantógrafo, da equação (3), temos que

$$\beta = \frac{\theta_{2R} - \theta_{2C}}{\Delta\theta_1} \quad (6)$$

e considerando o caso do deslocamento angular da junta 1 e o deslocamento angular conseqüente da junta 3 devido ao efeito pantógrafo, mantendo a junta 2 passiva, da equação (5), temos que

$$\beta = \frac{\theta_{3R} - \theta_{3C}}{\Delta\theta_1} \quad (7)$$

Devido ao fato da folga existente na junta 3 ser maior do que o deslocamento angular gerado pelo efeito pantógrafo ao acionarmos a junta 1, foi usada a equação (6) para o cálculo de β .

Considerando o caso do deslocamento angular da junta 2 e o deslocamento angular conseqüente da junta 3 devido ao efeito pantógrafo, mantendo a junta 1 passiva, da equação (5), temos que

$$\gamma = \frac{\theta_{3R} - \theta_{3C}}{\Delta\theta_2} \quad (8)$$

Baseado no tratamento teórico desenvolvido foi feito o segundo experimento com o protótipo, no qual, a partir de deslocamentos sucessivos θ_{1C} efetuados pela junta 1, medidos em impulsões, foram anotados os respectivos deslocamentos angulares θ_{2R} da junta 2, medidos em graus, obtendo-se assim uma nova tabela.

A relação entre as grandezas plotadas é linear, gerando o gráfico de uma reta para os casos expostos anteriormente, como mostra as figuras 1 e 2, sendo que β e γ são os coeficientes angulares das respectivas retas obtidas, calculadas pelas equações (6) e (8).

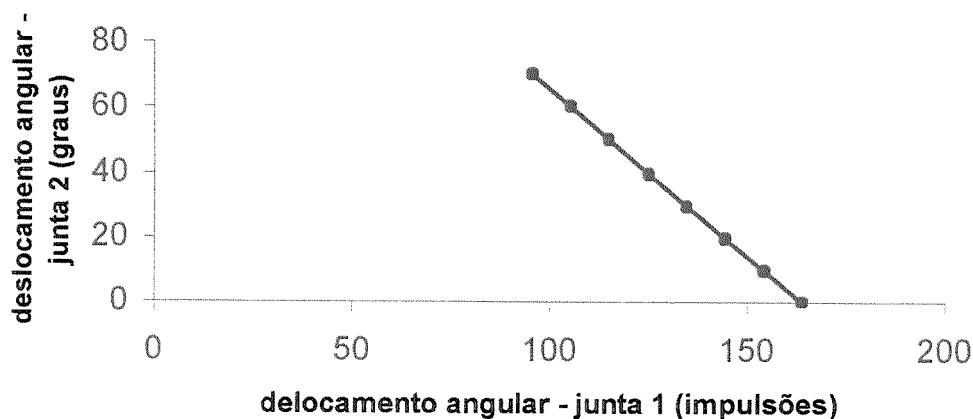


Figura 1 – Gráfico da evolução angular da junta 2 em função do deslocamento angular da junta 1 devido ao efeito pantógrafo.

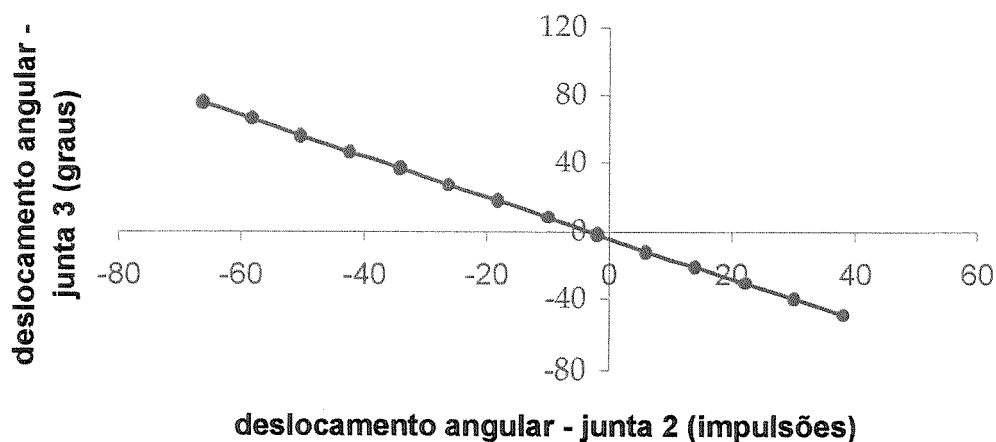


Figura 2– Gráfico da evolução angular da junta 3 em função do deslocamento angular da junta 2 devido ao efeito pantógrafo.

Para o cálculo numérico de β e de γ a partir desta tabela, foi elaborado um novo programa computacional que aplica mais uma vez em seu algoritmo os métodos da interpolação linear para o ajuste dos pontos tabelados e da regressão linear para a obtenção de β e de γ , que são os coeficientes angulares das relações lineares, tendo como por entrada de dados $\theta_{1C}(x_i)$ e $\theta_{2R}(y_i)$ armazenados em um banco de dados carregado por outro programa também desenvolvido especificamente para esta função nesta pesquisa.

A partir desta metodologia implementada, foram obtidos de resultados $\beta = - 1,026689$ e $\gamma = - 0,8258606$.

1.4 Teste dos parâmetros β e de γ

Para que os parâmetros β e γ calculados sejam válidos, é necessário que, quando usados nas equações (3) e (5), forneçam os valores angulares calculados iguais ou, pelo menos, próximos aos valores reais medidos nas juntas relacionadas.

Ante o exposto, foi desenvolvido o terceiro experimento, o qual foi dividido em duas partes.

1.5 Procedimento experimental da primeira parte

Inicialmente, foram tabelados o número de impulsões referentes as posições iniciais das juntas 1, 2 e 3 no monitor do computador. A seguir, acionou-se a junta 1 até uma posição desejada. Feito isso, do monitor foi tabelado o número de impulsões referentes ao deslocamento angular da junta 1, e do transferidor foi tabelado o deslocamento angular real efetuado pela junta 2, medido em graus.

A partir da tabela obtida, foi calculada a variação angular $\Delta\theta_1$ da junta 1 usando a equação (4) e a seguir, calculou-se o deslocamento angular θ_{2R} na junta 2 devido ao deslocamento angular da junta 1 usando a equação (5), substituindo os valores de β e $\Delta\theta_1$ obtidos numericamente.

O valor de θ_{2R} calculado é dado em impulsões. Para poder compará-lo com o valor θ_{2R} lido pelo transferidor, converteu-se θ_{2R} calculado em impulsões para graus usando a equação de relação graus $\leftrightarrow$ impulsões para a junta 2, apresentada na sessão 1.1. Processado o cálculo, Comparou-se θ_{2R} calculado com θ_{2R} lido pelo transferidor.

1.6 Descrição do procedimento experimental da segunda parte

Elaborou-se uma segunda tabela, composta inicialmente pelo número de impulsões referentes a posições finais das juntas 1, 2 e 3 da primeira parte. A seguir, foi acionada a junta 2 até uma posição desejada. Feito isso, do monitor foi tabelado o número de impulsões referentes ao deslocamento angular da junta 2, e do transferidor foi tabelado o deslocamento angular real efetuado pela junta 3, medido em graus.

A partir da tabela obtida, foram calculadas a variação angular $\Delta\theta_1$ da junta 1 e a variação angular $\Delta\theta_2$ da junta 2 usando as equações (2) e (4) e a seguir, foi calculado o deslocamento angular θ_{3R} na junta 3 devido ao deslocamento angular das juntas 1 e 2 usando a equação (7), substituindo os valores de β , γ , $\Delta\theta_1$ e $\Delta\theta_2$ obtidos numericamente.

Como na primeira parte, o valor de θ_{3R} calculado é dado em impulsões. Para se poder compará-lo com o valor θ_{3R} lido pelo transferidor, foi feita a conversão de θ_{3R} calculado em impulsões para graus usando a equação de relação graus $\leftrightarrow$ impulsões para a junta 3, apresentada na sessão 1.1. Processado o cálculo, foi comparado θ_{3R} calculado com θ_{3R} lido pelo transferidor.

1.7 Resultados Experimentais

Aplicados os procedimentos descritos nas seções 1.4 e 1.5, foram obtidos os resultados apresentados a seguir, sendo que na primeira parte do experimento, foi obtido um erro médio de 12,884° e na segunda parte do experimento, foi obtido um erro médio de 15,608°.

Esses erros apresentados são aceitáveis devido as não linearidades presentes no servo-mecanismo, tais como a folga apresentada nas juntas e devido ao erro gerado na obtenção do valor dos ângulos numericamente.

1.8 Teste dos parâmetros β e de γ

TESTE 1				
1ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)				
1º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES				
	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	graus	impulsões	impulsões
inicial	840	45°	-500	45°
final	520	60°	-500	30°
A) DESLOCAMENTO ANGULAR CALCULADO PARA A JUNTA 2				
$\theta_{2R} \text{ calculado (GRAUS)} = 17,15^\circ$				
B) DESLOCAMENTO ANGULAR LIDO NA JUNTA 2 COM TRANSFERIDOR				
$\theta_{2R} \text{ LIDO (GRAUS)} = 30,00^\circ$				
C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R} \text{ CALCULADO (GRAUS)} - \theta_{3R} \text{ LIDO (GRAUS)}$)				
ERRO = 12,85°				
2ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)				
2º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES				
	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	graus	impulsões	impulsões
inicial	520	60°	-300	-343
final	1565	10°	21	-343
A) CONVERSÃO DE $\theta_{3R} \text{ calculado (IMPS)}$ PARA $\theta_{3R} \text{ calculado (GRAUS)}$				
$\theta_{3R} \text{ calculado (GRAUS)} = 48,44^\circ$				
B) LEITURA DE ($\theta_{3R} \text{ LIDO (GRAUS)}$) DA JUNTA 3 COM O TRANSFERIDOR.				
$\theta_{3R} \text{ LIDO (GRAUS)} = 32,00^\circ$				
C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R} \text{ CALCULADO (GRAUS)} - \theta_{3R} \text{ LIDO (GRAUS)}$)				
ERRO = 16,44°				

TESTE 2				
1ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)				
1º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES				
	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	Graus	impulsões	impulsões
Inicial	1150	30°	-526	-731
Final	519	60°	-526	-731
A) DESLOCAMENTO ANGULAR CALCULADO PARA A JUNTA 2				
$\theta_{2R} \text{ calculado (GRAUS)} = 29,92^\circ$				
B) DESLOCAMENTO ANGULAR LIDO NA JUNTA 2 COM TRANSFERIDOR				
$\theta_{2R} \text{ LIDO (GRAUS)} = 30,00^\circ$				
C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R} \text{ CALCULADO (GRAUS)} - \theta_{3R} \text{ LIDO (GRAUS)}$)				
ERRO = 0,08°				
2ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)				
2º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES				
	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	graus	impulsões	impulsões
Inicial	519	60°	-526	-731
Final	1150	30°	-893	-731
A) CONVERSÃO DE $\theta_{3R} \text{ calculado (IMPS)}$ PARA $\theta_{3R} \text{ calculado (GRAUS)}$				
$\theta_{3R} \text{ calculado (GRAUS)} = 77,63^\circ$				
B) LEITURA DE ($\theta_{3R} \text{ LIDO (GRAUS)}$) DA JUNTA 3 COM O TRANSFERIDOR.				
$\theta_{3R} \text{ LIDO (GRAUS)} = 52,00^\circ$				
C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R} \text{ CALCULADO (GRAUS)} - \theta_{3R} \text{ LIDO (GRAUS)}$)				
ERRO = 25,63°				

TESTE 3				
1ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)				
A) 1º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES				
	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	Graus	impulsões	impulsões
Inicial	1565	10°	-1180	-980
Final	942	40°	-1180	-980
A) DESLOCAMENTO ANGULAR CALCULADO PARA A JUNTA 2				
$\theta_{2R \text{ calculado (GRAUS)}} = 1,11^\circ$				
B) DESLOCAMENTO ANGULAR LIDO NA JUNTA 2 COM TRANSFERIDOR				
$\theta_{2R \text{ LIDO (GRAUS)}} = 27,50^\circ$				
C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R \text{ CALCULADO (GRAUS)}} - \theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$)				
ERRO = 26,39°				
2ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)				
A) 2º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES				
	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	Graus	impulsões	impulsões
Inicial	942	40°	-1180	-980
Final	1565	10°	-1675	-980
A) CONVERSÃO DE $\theta_{3R \text{ calculado (IMPS)}}$ PARA $\theta_{3R \text{ calculado (GRAUS)}}$				
$\theta_{3R \text{ calculado (GRAUS)}} = 71,77^\circ$				
B) LEITURA DE ($\theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$) DA JUNTA 3 COM O TRANSFERIDOR.				
$\theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}} = 68,00^\circ$				
C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R \text{ CALCULADO (GRAUS)}} - \theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$)				
ERRO = 3,77°				

TESTE 4				
1ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)				
B) 1º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES				
	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	graus	impulsões	impulsões
inicial	1150	30°	-1229	-980
final	200	70°	-1229	-980
A) DESLOCAMENTO ANGULAR CALCULADO PARA A JUNTA 2				
$\theta_{2R \text{ calculado (GRAUS)}} = 13,58^\circ$				
B) DESLOCAMENTO ANGULAR LIDO NA JUNTA 2 COM TRANSFERIDOR				
$\theta_{2R \text{ LIDO (GRAUS)}} = -10,00^\circ$				
C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R \text{ CALCULADO (GRAUS)}} - \theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$)				
ERRO = 23,58°				
2ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)				
B) 2º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES				
	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	graus	impulsões	impulsões
inicial	200	70°	-622	-980
final	1150	30°	-1229	-980
A) CONVERSÃO DE $\theta_{3R \text{ calculado (IMPS)}}$ PARA $\theta_{3R \text{ calculado (GRAUS)}}$				
$\theta_{3R \text{ calculado (GRAUS)}} = 55,61^\circ$				
B) LEITURA DE ($\theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$) DA JUNTA 3 COM O TRANSFERIDOR.				
$\theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}} = 47,00^\circ$				
C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R \text{ CALCULADO (GRAUS)}} - \theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$)				
ERRO = 8,61°				

TESTE 5

1ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)

1º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES

	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	Graus	Impulsões	impulsões
inicial	-160	90°	-565	16
final	1508	10°	-565	16

A) DESLOCAMENTO ANGULAR CALCULADO PARA A JUNTA 2

$$\theta_{2R \text{ calculado (GRAUS)}} = -74,48^\circ$$

B) DESLOCAMENTO ANGULAR LIDO NA JUNTA 2 COM TRANSFERIDOR

$$\theta_{2R \text{ LIDO (GRAUS)}} = -76,00^\circ$$

C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R \text{ CALCULADO (GRAUS)}} - \theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$)

$$|\text{ERRO}| = 1,52^\circ$$

2ª Parte (usando $\beta_1 = -1,026689$)

2º TABELAMENTO DOS DESLOCAMENTOS ANGULARES

	θ_{1C}		θ_{2C}	θ_{3C}
	impulsões	graus	impulsões	impulsões
inicial	-160	90°	-565	16
final	1508	10°	-1193	16

A) CONVERSÃO DE $\theta_{3R \text{ calculado (IMPS)}}$ PARA $\theta_{3R \text{ calculado (GRAUS)}}$

$$\theta_{3R \text{ calculado (GRAUS)}} = 73,41^\circ$$

B) LEITURA DE ($\theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$) DA JUNTA 3 COM O TRANSFERIDOR.

$$\theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}} = 87,00^\circ$$

C) ERRO OBTIDO ($\theta_{3R \text{ CALCULADO (GRAUS)}} - \theta_{3R \text{ LIDO (GRAUS)}}$)

$$|\text{ERRO}| = 23,59^\circ$$

Anexo IV

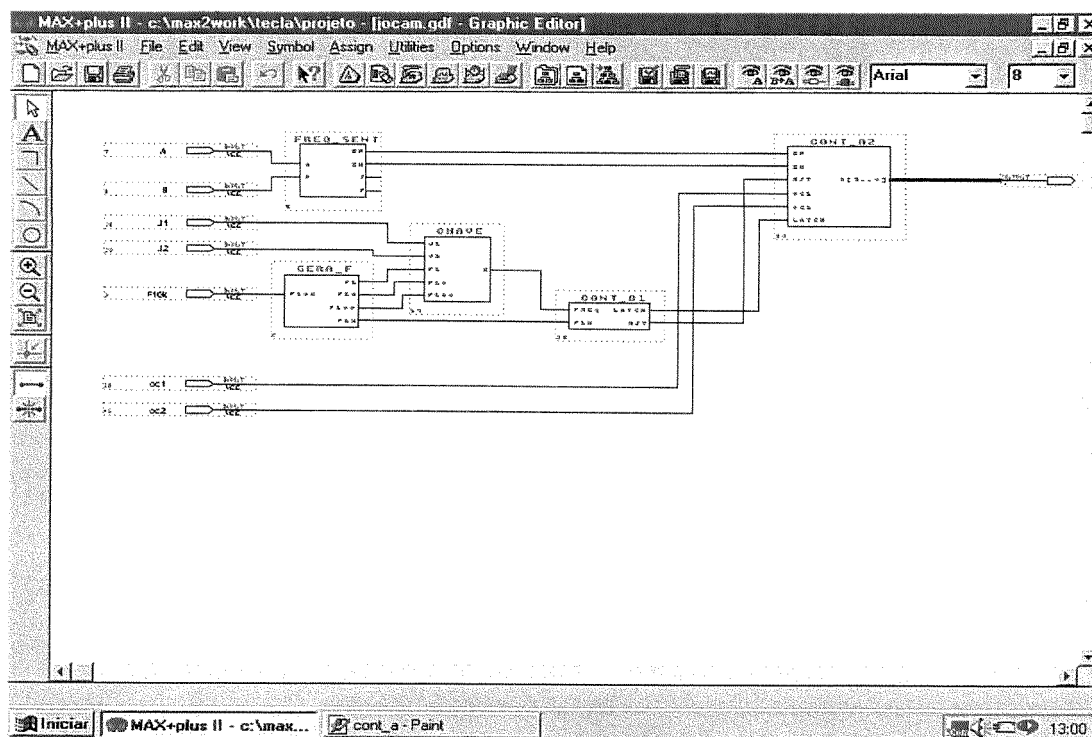
Sistema de Aquisição e Monitoramento das Informações provenientes dos sensores de posição de uma junta Antropomórfica

1. Sistema de Desenvolvimento ALTERA

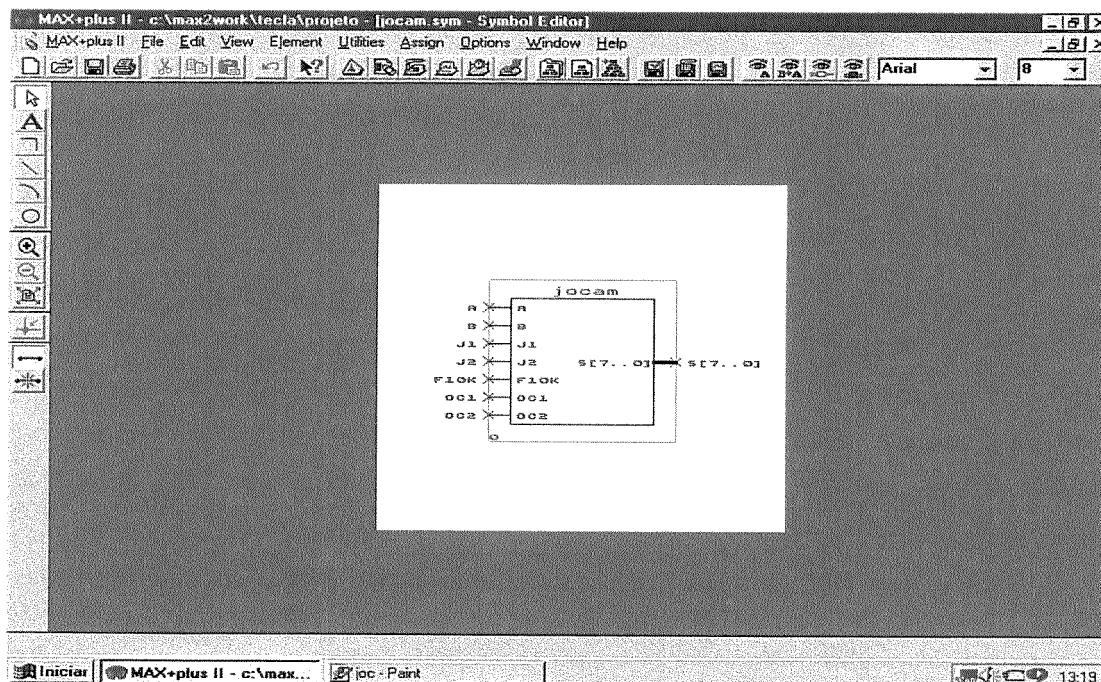
Este sistema foi implementado utilizando o Sistema de Desenvolvimento ALTERA™, disponível na UNICAMP. A figura 1 apresenta o esquema eletrônico correspondente a implementação final e sua representação em termos de E/S (entradas e saídas).

O Hardware Eletrônico foi implementado através do desenvolvimento de módulos básicos, mostrados na figura 1 (a), responsáveis pelo tratamento das informações do sistema. O componente eletrônico final é composto das seguintes entradas externas: sinais A e B do encoder de posição da junta antropomórfica, de uma entrada externa para um amostrador (frequência elevada (10 KHz) necessária para tratamento das informações do encoder de posição, ou seja obtenção de um sinal correspondente a posição angular da junta multiplicado por 2 e respectivo de sentido de rotação, quatro sinais provenientes do computador responsável pela aquisição: dois sinais lógicos J1, J2 para controle da chave lógica responsável pela frequência de aquisição da interface (necessária para aumento de precisão durante a aquisição em movimentos com velocidades altas e baixas), e dois sinais lógicos OC1 e OC2, indicando início e fim da aquisição pelo computador e envio de informações.

A saída final enviada para uma interface paralela de um computador PC, corresponde a dezesseis bits, a serem adquiridos através de uma porta paralela com oito bits S[7..0], a partir do controle do fluxo de informações pelos sinais provenientes do PC, OC1 e OC2.



(a) Interface com o usuário



(b) Representação E/S (entradas-saídas)

Figura 1 - Sistema de Desenvolvimento ALTERA.

Módulos Implementados em Sistema de Desenvolvimento ALTERA

2. Módulo Freqüência-Sentido

ENTRADAS	Descrição
A	Pista A do encoder de posição da junta antropomórfica
B	Pista B do encoder de posição da junta antropomórfica

SAÍDAS	Descrição
IP	Impulsão positiva (junta se movimentando em sentido horário)
IN	Impulsão negativa (junta se movimentando em sentido anti-horário)
F	Freqüência (trem de pulsos correspondente a posição angular da junta)
S	Sentido (sentido de rotação da junta)

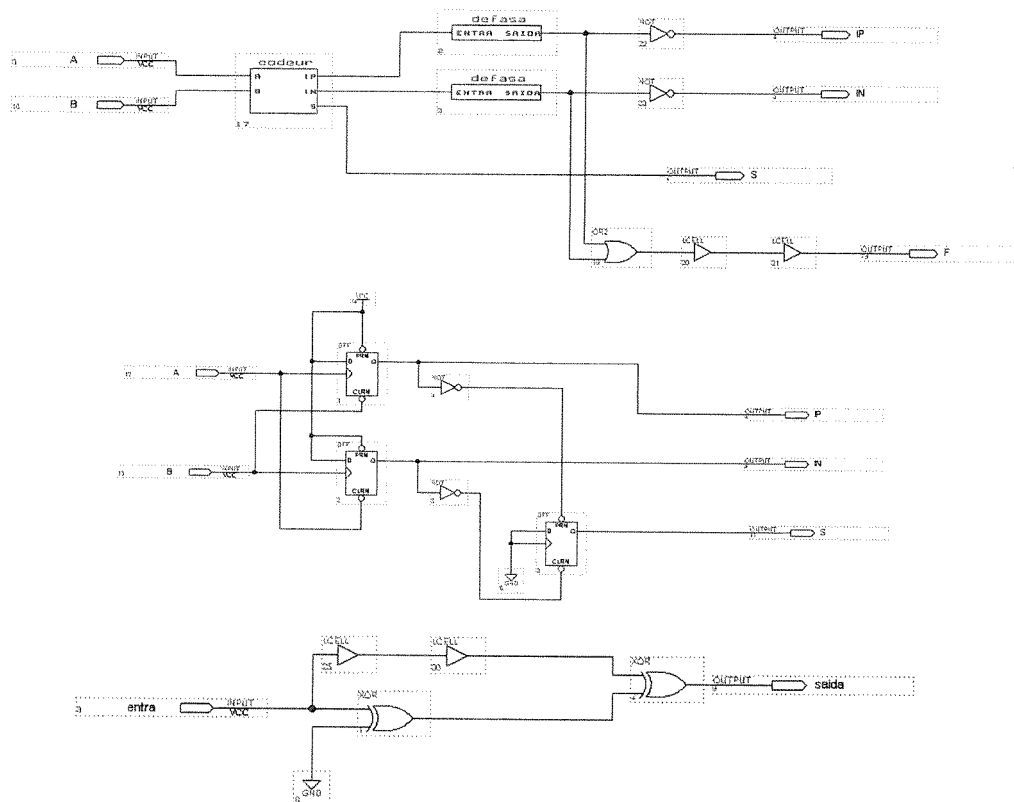


Figura 3 - Módulo Freq_sent implementado em ALTERA™.

3. Módulo Gerador de Frequências

ENTRADAS	Descrição
F10K	Sinal Frequência proveniente de um gerador externo de funções

SAÍDAS	Descrição
F1	Sinal Frequência de 1 Hz
F10	Sinal Frequência de 10 Hz
F100	Sinal Frequência de 100 Hz
F1K	Sinal Frequência de 1 KHz

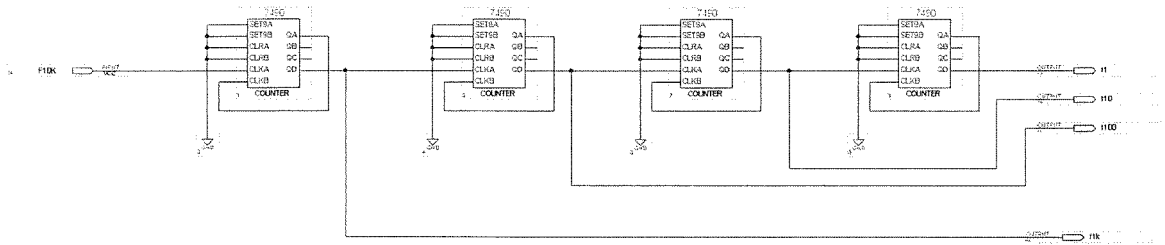


Figura 4 - Módulo Gera_frequências implementado em ALTERA™.

4. Módulo Chave Lógica

ENTRADAS	Descrição
J1	Sinal lógico proveniente da interface paralela do PC
J2	Sinal lógico proveniente da interface paralela do PC
F1	Sinal Frequência de 1 Hz
F10	Sinal Frequência de 10 Hz
F100	Sinal Frequência de 100 Hz

SAÍDAS	Descrição
Freq	Sinal Frequência utilizado para aquisição pelo Hardware implementado

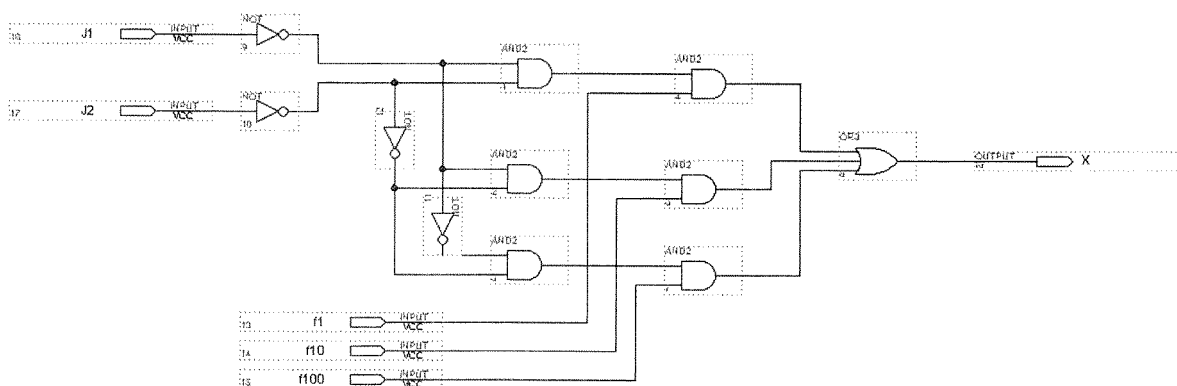


Figura 5 - Módulo Chave_lógica implementado em ALTERA TM.

5. Módulo Cont_b1 – Circuito de Controle do Contador Cont_a2

ENTRADAS	Descrição
freq	Sinal Frequência chaveado a partir do módulo Chave_lógica
F1K	Sinal Frequência de 1 KHz

SAÍDAS	Descrição
LATCH	Sinal para armazenamento de informações pelo contador Cont_a2
RST	Sinal de reset de informações do contador Cont_a2 (zerar o contador)

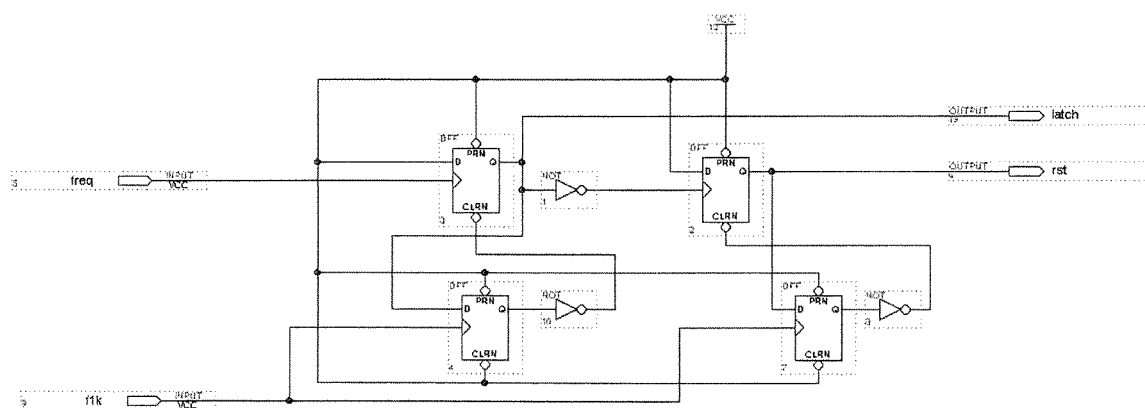


Figura 6- Módulo Cont_b1 implementado em ALTERA TM.

6. - Módulo Cont_a2 – Módulo de contagem/decontagem

ENTRADAS	Descrição
IP	Impulsão positiva (junta se movimentando em sentido horário)
IN	Impulsão negativa (junta se movimentando em sentido anti-horário)
LATCH	Sinal para armazenamento de informações
RST	Sinal de reset de informações (zerar o contador)
OC1	Sinal de controle de aquisição proveniente do PC
OC2	Sinal de controle de aquisição proveniente do PC

SAÍDAS	Descrição
D[7..0]	Sinal de Saída para a interface paralela do PC (informações do encoder de posição)

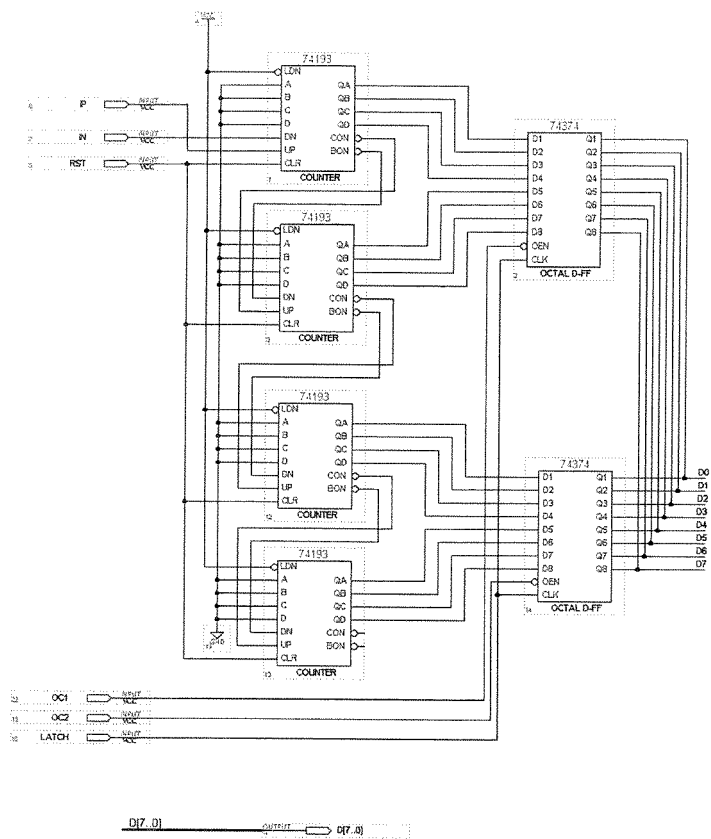


Figura 7 - Módulo Cont_a2 implementado em ALTERA™.

Anexo V

Sites Importantes sobre Próteses e Órteses

1. Organizations

American Academy of Orthotists and Prosthetists (AAOP)

American Board for Certification in Orthotics and Prosthetics, inc. (ABC)

American Orthotic and Prosthetic Association (AOPA)

Board for Orthotist/Prosthetist Certification (BOC)

Board for Certification in Pedorthics (BCP)

Canadian Association of Prosthetists and Orthotists (CAPO)

Canadian Board for Certification of Prosthetists and Orthotist (CBCPO)

Clinical Orthopaedics and Related Research

International Association of Orthotics and Prosthetics (IAOP)

International Society for Prosthetics and Orthotics (ISPO)

National Commision on Orthotic and Prosthetic Education (NCOPE)

Pedorthic Footwear Association (PFA)

2. Publications

Amputee-Online.

Amputation - The Online Magazine for Amputees.

Clinical Orthopaedics and Related Research.

Journal of Biomechanics

Journal of Bone and Joint Surgery (JBJS)

Journal of Pediatric Orthopaedics

Journal of Prosthetics and Orthotics (JPO)

Journal of Rehabilitation Research and Development (VA)

Journal of Spinal Disorders

National Amputee Golf Association (NAGA)

O & P Almanac.

O & P Business News.

O & P World

Orthopedic Technology Review (OTR)

Spine

UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL

SEÇÃO CIRCULANTE

3. Research and Development

Iowa Spine Research Center.

Musculoskeletal Biomechanics Laboratory, Loyola University Medical Center,
Department of Orthopaedic Surgery.

Musculoskeletal Research Lab at the University of Pittsburgh, Dept. of Orthopaedics
(MSRC).

Northwestern University Rehabilitation Engineering.

Rehabilitation Research and Development Service (VA)

Research at the Veterans Administration Hospital, Hines, IL.

**University of Wisconsin, Department of Surgery, Division of Orthopedic Surgery:
Laboratory Research**

Veterans Affairs Research and Development.

4. Mechanical, Bio and Biomedical Engineering

Department of Biomedical Engineering at the

University of Iowa.

**Illinois Institute of Technology, Department of Mechanical, Materials and Aerospace
Engineering.**

University of Illinois at Chicago, Department of Bioengineering.

5. Veterans Affairs

Department of Veterans Affairs (VA)

Veterans Affairs Internet Servers (VA).

6. Online Community

Orthotics, Prosthetics & Pedorthic Network Connection.

Orthotics and Prosthetics Online.

Honisa (For Anxiety and Stress)

Scoliosis Support Page.

7. Education

California State University, Dominguez Hills.

Century College, Minnesota.

National Centre for Training and Education in OandP, University of Strathclyde, Scotland

Northwestern University Prosthetics and Orthotics Center, Chicago

Rancho Los Amigos, Downey, California.

UT Southwestern Medical Center at Dallas Prosthetics-Orthotics Program.

8. Manufacturers

Atlanta International.

Becker Orthopedic.

Bledsoe Brace Systems.

Boston Brace International.

Charleston Bending Brace Foundation.

Camp Healthcare.

College Park Industries.

Endolite North America.

Flex-Foot, Inc.

Generation II USA, Inc.

International Healthcare Devices.

Jim Smith Sales, Inc.

Kingsley Mfg. Co.

Ohio Willow Wood.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

Orthomerica Products Inc.

Otto Bock Orthopedic Industry

Protectair, inc.

Townsend Design.

UCO International.

United States Manufacturing Company (USMC).

9. Societies

American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS)

International Society for the Studies of Lumbar Spine (ISSLS).

North American Spine Society (NASS)

Scoliosis Association (SA).

Scoliosis Research Society (SRS).

10. Chicago Area Private Practices

Castle Orthopaedics & Sports Medicine.

Great Lakes Orthopaedics.

Hinsdale Orthopaedic Associates.

Midwest Orthopaedics.

M & M Orthopaedics, Ltd.

Parkview Musculoskeletal Institute.

11. University Orthopaedic Practices

Loyola University Chicago, Department of Orthopaedic Surgery and Rehabilitation.

University of Chicago, Childrens Hospital.

University of Chicago, Section of Orthopaedic Surgery and Rehabilitation.

University of Illinois at Chicago, Department of Orthopaedics.

Joint Replacement Center, University of Chicago Hospitals, Weiss.

12. Chicago Area Neurosurgery Practices

Chicago Institute of Neurosurgery and Neuroresearch (CINN).

Loyola University Chicago, Department of Neurological Surgery

University of Chicago, Section of Neurosurgery.

University of Illinois at Chicago, Department of Neurosurgery.

13. Major Rehabilitation Facilities in the Chicago Area

Marianjoy Rehabilitaion Center.

Rehabilitation Institute of Chicago.

Schwab Rehabilitation Center.

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE