

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR Mauro Sérgio Juarez
Cáceres E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 07.07.2004.

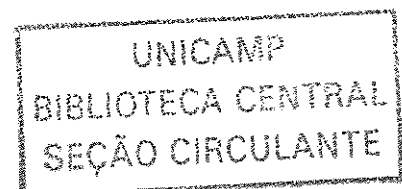
Helder Anibal Hermi
ORIENTADOR

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

**Uma Contribuição à Acessibilidade e à
Mobilidade em Veículos Automotivos através
de Dispositivo Mecatrônico.**

Autor: **Mauro Sérgio Juarez Cáceres**
Orientador: **Helder Anibal Hermi**

07/04



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

Uma Contribuição à Acessibilidade e à Mobilidade em Veículos Automotivos através de Dispositivo Mecatrônico.

**Autor: Mauro Sérgio Juarez Caceres
Orientador: Helder Aníbal Hermíni
Co-orientador: José Manoel Balthazar**

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

Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

**Campinas, 2004
S.P. – Brasil**

UNIDADE	SP
Nº CHAMADA	F/UNICAMP
	C113c
V	EX
TOMBO BC/	61532
PROC.	16-86-05
C	☐
D	☒
PREÇO	11,00
DATA	03-1-05
Nº CPD	

libr-id 341523

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

J871c

Juarez Cáceres, Mauro Sérgio

Uma contribuição à acessibilidade e à mobilidade em veículos automotivos através de dispositivo mecatrônico / Mauro Sérgio Juarez Cáceres. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Helder Anibal Hermini.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica.

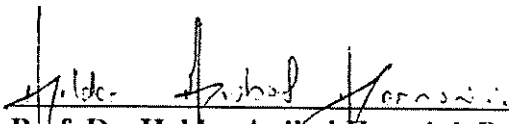
1. Ergonomia. 2. Deficientes físicos - Transporte. 3. Acessibilidade. I. Hermini, Helder Anibal. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

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

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**Uma contribuição à Acessibilidade e à
Mobilidade em Veículos Automotivos através
de Dispositivo Mecatrônico.**

Autor: Mauro Sérgio Juarez Caceres
Orientador: Helder Anibal Hermini
Co-orientador: José Manoel Balthazar



Prof. Dr. Helder Anibal Hermini, Presidente
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP



Prof. Dr. Auteliano Antunes dos Santos Júnior
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP



Prof. Dr. Eliane Mauerberg de Castro
Instituto de Biociências - UNESP

Campinas, 07 de julho de 2004.

Dedicatória:

Dedico este trabalho a todos aqueles que sonham com a possibilidade de ser útil a sua comunidade e se sentem tolhidos por contingências que limitam sua autonomia e sua liberdade de poder decidir para onde ir, sem que alguém os carregue ou os conduza. A todos aqueles que a despeito de suas limitações físicas, queiram mostrar seu valor para os que são partes de sua convivência, que embora convivendo com piedade, nem sempre reconhecem o potencial que existe por traz do que se pode ver apenas com os olhos.

Agradecimentos

Ao Autor da vida para o qual as nações são como pó no braço de uma balança.

“Nenhuma árvore produz frutos para si mesma, senão para aqueles que colhem os seus frutos” (Lutero). Muitas pessoas se constituíram árvores frutíferas durante a elaboração deste trabalho, e a elas presto minhas homenagens:

Aos meus pais Diogo e Ana pelo continuo incentivo em todos os momentos da minha vida.

A minha esposa amada e companheira Fátima pela paciência e apoio.

Ao amigo e orientador Professor Helder Aníbal Hermi, pois existem amigos mais chegados que irmãos, com sua sinceridade e conhecimento me auxiliou, direcionando e levando conosco a bom termo este trabalho.

Ao amigo, Alexandre Pizzolatto que se emocionou conosco a cada solução encontrada e sugerida para transpor as barreiras que surgiram ao longo do trabalho.

Ao Senai e aos seus diretores, sem o apoio dos quais não seria possível concretizar este trabalho.

"Não existe plenitude quando se ignoram as individualidades"
(Mauro Sérgio Juárez Cáceres)

Resumo

CACERES, Mauro Sérgio Juarez, *Uma contribuição à acessibilidade e Mobilidade em Veículos Automotivos através de Dispositivo Mecatrônico*, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 163 p. Dissertação (Mestrado).

Este trabalho foi inspirado em aspectos legais, sociais e tecnológicos. O Objetivo deste estudo foi desenvolver um dispositivo mecatrônico de acessibilidade, ergonomia e mobilidade em veículos automotivos, considerando pessoas com necessidades especiais. A acessibilidade é um dos fatores críticos para a inclusão do indivíduo com deficiência no mundo do trabalho e da educação. A contribuição deste trabalho situa-se no incremento da acessibilidade do indivíduo com deficiência, promovendo sua autonomia relativa; isto é, o usuário se locomove até seu veículo, adentra nele, conduz o veículo ao seu destino e o deixa de forma autônoma sem ajuda de outras pessoas. Este trabalho simulou as condições de ergonomia e de interação dos dispositivos de acessibilidade e mobilidade desenvolvidos, com os veículos automotivos, através de simulação computacional dos movimentos dos dispositivos interno e externo ao veículo com o controle lógico implementado. Neste estágio do trabalho encontram-se disponíveis a concepção da idéia, os desenhos, as simulações computacionais e a lógica de controle, necessários para a posterior construção dos dispositivos e sua montagem em veículos automotivos adaptados para a condução por pessoas com deficiências.

Palavras Chave

Pessoas com deficiência, Acessibilidade, Mobilidade, Ergonomia, Adaptações para Automóveis, Mecatrônica.

Abstract

CACERES, Mauro Sérgio Juarez, *Mechatronics device for acessibility, ergomy and mobility in Automotive Vehicles for handicap people* , Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2004. 163 p. Dissertação (Mestrado).

This study was inspired by the legal, social and technological aspects of acessibility for handicap people. The purpose of the study was to develop a virtual mechatronic device to acessibility for handicap people. The acessibility is a critical factor for the inclusion of the disabled people in the work and educacional enviroments. The contribution of this study is to help handicap people to have relative autonomy like: moving towards the car, getting in, driving to a destination and getting out by themselves. This study simulate the ergonomic conditions and the devices interaction of the acessibility and mobility, developed whith automotive vehicle through computacional simulations of the internal and external devices moviments. Through computational simulation, we tested the moviments. It was also made the implementation of the control logic. On this stage of the study we provide the concept, the draws, the computation simulations and the logic control; necessary parameters for build the devices and its assembly to the adapted cars for handicap people.

Key Words

Handcap people, Acessibility, Ergonomic, Mobility, Adapted cars, Mechatronics.

Índice

Lista de Figuras.....	iii
Lista de Tabelas.....	viii
Nomenclatura.....	ix
1 Introdução.....	1
1.1 Diretrizes que apontam para a inclusão do indivíduo com deficiência.....	7
1.2 Argumentação e embasamento da filosofia utilizada no trabalho.....	9
1.3- Estrutura da dissertação.....	10
1.4-Conclusões finais do capítulo.....	12
2 Estado da arte em relação a meios de mobilidade e acessibilidade.....	13
2.1-Adaptações em veículos automotivos para portadores de necessidades especiais.....	16
2.2 Meios de mobilidade seus aspectos sociais e históricos.....	37
2.3 Meios de mobilidade automatizados e seus aspectos tecnológicos e ergonômicos, de mobilidade e de acessibilidade.....	38
2.4 Interface entre o usuário e os comandos do veículo.....	41
2.5 Conclusões finais do capítulo.....	43
3 Ferramentas de desenvolvimento dos dispositivos.....	45
3.1 Metodologia para obtenção de dimensões de estruturas.....	46

3.2 –Ferramenta de controle.....	49
3.3 Ferramenta para simulação do sequenciamento.....	52
3.4 Ferramenta para projeto e análise virtual dos sistemas eletromecânicos	55
3.5 Redes de comunicação veiculares.....	56
3.6 Conclusões finais do capítulo.....	66
4 Desenvolvimento do dispositivo mecatrônico de acessibilidade e mobilidade....	67
4.1 Obtenção das dimensões veiculares na área de alojamento do condutor, com Braço Articulado de Medição.....	68
4.2 Dispositivo eletromecânico externo.....	77
4.3- Dispositivo eletromecânico interno.....	92
4.4- Conclusões finais do capítulo.....	104
5 Desenvolvimento da lógica de controle.....	105
5.1-Implementação do sistema de controle.....	105
5.2 – Lógica de controle em Grafcet.....	110
5.3- Simulação Computacional com a conexão do CLP e do Software Supervisório	114
5.4 Conclusões finais do capítulo.....	118
6 Análise de resultados e perspectivas futuras quanto ao protótipo.....	120
Referencias bibliográficas.....	126
Anexo I Opções de sensorização dos dispositivos eletromecânicos externo e interno.....	132
Anexo II Grafcet e a representação da lógica de controle.....	137
Anexo III Ferramenta de supervisão.....	159

Lista de Figuras

Capítulo 2

1	Centro de mobilidade Fiat, Banco Real ABN Amro Bank, Detrans.....	16
2	Etapas de funcionamento da servo-embreagem.....	19
3	Arranque / desacoplamento- Manual Fiat Autonomy 1982.....	20
4	Arranque- semi-acoplamento- Manual Fiat Autonomy 1982.....	22
5	Arranque – acoplamento- Manual Fiat Autonomy 1982.....	24
6	Mudança de marchas / desacoplamento-Manual Fiat Autonomy 1982.....	26
7	Mudança de marchas / acoplamento –Manual Fiat Autonomy 1982.....	28
8	Inversão do pedal do acelerador- Manual Fiat Autonomy 1982.....	29
9	Freio manual- Manual Fiat Autonomy 1982.....	31
10	Acelerador manual - Manual Fiat Autonomy.....	32
11	Freio e acelerador manual- Manual Fiat Autonomy 1997.....	33
12	Comandos de lampejo 12a, limpador de para brisa e botão de trava 12b- Manual Fiat Autonomy 1997.....	34
13	Embreagem automática- versão 1997- Manual Fiat Autonomy 1997.....	35
14	Alavanca de aceleração e frenagem-Site da Guidosimplex.....	37
15	Cadeira de rodas automatizada (site da Kapra).....	39

16	Etapas para a transposição de um degrau.-Site da Kapra.....	39
17	Bancos Jazzy, com reclinção, inclinação- Site da Kapra	40
18	Bancos Jazzy de múltiplos recursos - Site da Kapra.....	41
19	Central de comando a infravermelho- Site da Guidosimplex	42
20	Adaptação para portadores de nanismo- Site da Lmrrio	43

Capítulo 3

21a	Esboço do Braço de Medição Tridimensional Faro da Mitutoyo.....	48
21b	Braço de Medição Tridimensional “Faro” da Mitutoyo.....	48
22	Esboço da estrutura de um CP.....	51
23	Tela de edição Ferramenta de Simulação da Sequência de Movimento.....	54
24	Tela do Catia (CD de demonstração do “software”).....	56
25	Solução Clássica para troca de informações entre equipamentos	59
26	Forma multiplexada de trocar informações (Peugeot/Citröen).....	59
27	Rede CAN de um veículo Peugeot/Citröen.....	61
28	Rede VAN de Carroceria de um veículo Peugeot/Citröen.....	62
29	Rede VAN de conforto de um veículo da Peugeot/Citröen.....	62
30	Caixa de serviço de um motor Peugeot/Citröen.....	63
31	Arquitetura de uma rede CAN de um veículo da Peugeot/Citröen.....	64
32	Rede VAN num veículo da Peugeot/Citröen.....	65

Capítulo 4

33	Veículo Kangoo da Renault (banco do condutor a ser removido).....	68
34	Processo de medição com Braço Articulado Faro.....	69
35	Braço articulado e localização dos trilhos de fixação.	69
36	Definição da Origem do Sistema.....	71
37	Localização do ponto de origem do sistema.....	71
38	Distancia entre parafusos do trilho direito.....	72
39	Medição de distancias entre planos α , β , γ	73
40	Distancia entre os quatro parafusos de fixação dos trilhos.....	73
41	Distancia entre o “Plano α , parafuso “P1” e o “Plano δ ”- plano do volante. ...	75
42	Ângulo de inclinação do volante e distancia entre os planos α e δ	76
43	Motor de tração -Site da Bosch.....	78
44	Curvas de performance do motor GPB da Bosch.....	79
45	Engrenagem solar do 1º estágio de redução.....	81
46	Transmissão epicicloidal e as engrenagens satélites e anelar.....	81
47	Transmissão epicicloidal com dois estágios.....	82
48a	Sistema de tração retrátil recolhido.....	84
48b	Sistema de tração retrátil em expansão.....	84
48c	Sistema de tração retrátil expandido.....	84
49a	Rodas dianteiras recolhidas.....	85
49b	Rodas dianteiras em expansão.....	85
49c	Rodas dianteiras expandidas.....	85
50a	Sistema telescópico de elevação recolhido.....	86
50b	Sistema telescópico de elevação em expansão (fusol /chassi).....	86

50c	Sistema telescópico de elevação em expansão (fuso 2/ fuso 1).....	86
51	Fixação do amortecedor traseiro.....	88
52	Base da cadeira com sistemas de compactação e elevação.....	89
53a	Cadeira com base expandida e sistema telescópico recolhido.....	89
53b	Cadeira com base semi-expandida e sistema telescópico em expansão.....	90
53c	Cadeira com base semi-expandida e sistema telescópico expandido.....	90
54a	Sistemas da base totalmente expandidos.....	91
54b	Sistemas da base em retração.....	91
54c	Sistemas da base totalmente retraídos.....	91
54d	Compactação total da cadeira.....	92
55	Plataforma de apoio da cadeira de rodas automatizada.....	92
56	Mão de transporte para a plataforma.....	93
57	Vista explodida do conjunto de articulações.....	94
58a	Bucha de elevação no nível de introdução no veículo	95
58b	Bucha de elevação em curso descendente.....	95
58c	Bucha de elevação no limite inferior.....	96
59	Agregado de rotação com seus componentes vinculados.....	96
60a	Plataforma de transporte e agregado de rotação.....	97
60b	Acoplamento da Plataforma de transporte ao agregado de rotação.....	97
61a	Dispositivo interno em vista explodida.....	98
61b	Dispositivo interno montado.....	99
62a	Dispositivo Interno em início de rotação	99
62b	Dispositivo Interno em rotação.....	100
62c	Início da articulação do garfo de rotação.....	100

62d	Início da articulação da plataforma simultânea à rotação do garfo.....	100
62e	Plataforma em posição de descida.....	101
62f	Plataforma descendo.....	101
62g	Plataforma no solo.....	101
63	Conjunto completo no solo.....	102
64	Sequência de movimentação considerando as dimensões do veículo.....	103

Capítulo 5

65	Pontos de entrada e saída de sinais do CLP.....	107
66	Ponte H para comando dos motores dos mecanismos.....	108
67	Fluxo de controle dos motores de tração.....	109
68	Sistema de controle típico via CLP.....	113
69	Esboço das rotinas de controle dos dispositivos interno(D.I.) e externo (D.E.) e da interface Homem- máquina (IHM).....	114
70	Tela 1 do “Software Supervisório”.....	115
71	Tela 2 do “Software Supervisório”.....	116
72	Tela 3 do “Software Supervisório”.....	117
73	Tela do Organizer de definição dos “Tags”.....	118

Lista de Tabelas

Capítulo 1

1	Indivíduos com deficiência –IBGE -senso de 2000.....	2
---	--	---

Capítulo 2

2	Deficiência x equipamento necessário Manual Fiat Autonomy 1982.....	14
3	Especificações técnicas da cadeira ilustrada na Figura 17 (Fonte : Site da Kapra)	41

Capítulo 4

4.	Dados técnicos do motor de tração Fonte-Site da Bosch.....	79
----	--	----

Capítulo 5

5	Elementos de entrada de sinal (sensores).....	110
6	Elementos de saída de sinal (atuadores).....	111

Nomenclatura

Letras Latinas

e(t)	Função temporal de erro	[s]
i	- Relação de transmissão.	[]
Kd	- Ganho diferencial	[]
Ki	- Ganho integral	[]
Kp	- Ganho proporcional	[]
n	- Rotação do eixo de tração.	[rpm]
P	- Perímetro da roda de tração	[mm]
T	- Período de amostragem	[s]
v	- Velocidade de percurso do dispositivo externo	[km/h]

Letras Gregas

α	- Plano do parafuso de fixação do trilho esquerdo do banco do condutor	[]
β	- Plano do parafuso de fixação do trilho esquerdo do banco do condutor	[]
γ	- Plano de referência do solo em relação ao veículo	[]
δ	- Ângulo de inclinação do plano do volante do veículo	[rad]
Φ	- Diâmetro da roda de tração	[mm]
ϕ	- Ângulo de rampa para o dispositivo externo	[rad]
τ_d	- Coeficiente de diferenciação para discretização	[]
τ_i	- Coeficiente de integração para discretização	[]

Abreviações

ABS - Antilock Brake System
CAD - Computer Aided Design
CAE - Computer Aided Engineering
CAM - Computer Aided Manufacture
CAN - Controller Area Network
CP - Controlador Programável

CLP - Controlador Lógico Programável
CSI - Caixa de Serviço Inteligente
DAC - Data Acquisition card
E/S - Entrada e saída
IHM - Interface Homem-Máquina
PC - Personal Computer
PLC -Programable Logic Control
RTU - Remote Terminal Unit
UCP -Unidade Central de Processamento
SCADA - Control and Data Acquisition System
VAN - Vehicle Area Network

Siglas

ABNT - Associação Brasileira de normas técnicas
CC - corrente contínua
CONADE - Conselho Nacional dos Direitos da Pessoa Portadora de Deficiência
CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente
DETRAN - Departamento de Trânsito
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico
IPI - Imposto sobre produtos industrializados
IPVA - Imposto sobre veículos automotivos
ICMS - Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços
MEC - Ministério da Educação e Cultura
OMS - Organização Mundial da Saúde
PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores

Capítulo 1

Introdução

No momento atual, a inclusão da pessoa deficiente no mundo do trabalho e da educação constitui uma questão central, uma vez que as questões de inclusão e exclusão relacionadas a esse contingente da população são discutidas intensamente por diferentes segmentos da sociedade. A essa discussão são acrescentadas outras questões, tais como as restritas oportunidades de trabalho que, limitam o aproveitamento de todo o potencial de trabalho destes indivíduos. Trata-se, pois, de uma discussão importante e, ao mesmo tempo, de uma providência urgente que, por sua vez, perpassa várias ópticas ou abordagens pelas quais se pode visualizar o problema, seja a óptica empática, pragmática, política ou sociológica.

Uma visão mais próxima da realidade que considere de maneira global os indivíduos que integram a sociedade e, portanto, também os indivíduos com deficiência, deve levar as instituições dessa mesma sociedade a uma postura mais coerente e proativa frente aos problemas de adaptação. Em certa medida essa colocação inicial decorre dos sucessivos levantamentos referentes ao número de indivíduos com deficiência existentes na população, feitos ao longo da última década por entidades como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatístico (IBGE).

Estatísticas levantadas pela OMS nos dão conta que existem atualmente 500 milhões de indivíduos com deficiência no mundo, considerando as diversas seqüelas ou condições incapacitantes como deficiências auditivas, visuais, motoras ou mentais.

No Brasil, o IBGE, durante o censo de 1991, incluiu em sua pesquisa uma pergunta sobre os indivíduos com deficiência. Essa pesquisa não foi minuciosa, ou seja, não considerou indivíduos com deficiência o indivíduo cuja limitação persiste mesmo com o uso de correção como: óculos, aparelhos para surdez, próteses e aparelhos ortopédicos. Assim, pelo critério do referido censo, chegou-se à conclusão errônea de que apenas 1,2% da população brasileira possuía “deficiência física” (terminologia usada na ocasião da pesquisa). Nota-se, também, que a própria terminologia evoluiu de “portador de deficiência física” para “portador de necessidades especiais”, ao longo da década de 90 e recentemente para indivíduo com deficiência.

Já o censo de 2000 revelou um número mais lógico de indivíduos com deficiência. Segundo o IBGE, passou-se a considerar indivíduos com deficiência, aquele cuja limitação persiste mesmo com o uso de correções. Nesse caso, foram identificadas 24,5 milhões de pessoas, no Brasil. Isso corresponde a 14,5% da população do país. Sob o ângulo do mercado, trata-se de um grupo bastante significativo, encarado de forma racional por diferentes segmentos econômicos. Isto porque se configura uma parcela importante na composição de clientes potenciais para produtos específicos. Os 25,4 milhões de indivíduos com deficiência identificados pelo IBGE se distribuem, segundo a Tabela 1, da seguinte maneira:

Tabela 1: Indivíduos com deficiência - IBGE- Censo de 2000 Fonte – IBGE 2000

<i>Tipo de deficiência</i>	<i>Porcentagem</i>
Problemas de visão	48,1 %
Deficiência física.	22,9%
Deficiência auditiva	16,7 %
Deficiência mental	8,2 %
Outras deficiências físicas	4,1 %

Na tabela 1, destaca-se, em negrito, as deficiências físicas que serão o alvo de atenção deste estudo. A construção de um dispositivo mecatrônico pressupõe promover a autonomia na mobilidade de pessoas que apresentam deficiências físicas.

É possível vislumbrar-se diferentes abordagens em relação ao tratamento do tema que envolve de forma direta a vida dos indivíduos com deficiência. Entre elas a abordagem centrada em aspectos humanitários, para oferecer uma *diretriz empática*. Ou seja, dentro de certos limites, existe um envolvimento emocional e afetivo muito positivo entre os indivíduos com deficiência e as pessoas preocupadas com a questão. Esse envolvimento fornece uma argumentação sólida para avaliar a situação do indivíduo em relação à realidade que o cerca.

No caso específico dos indivíduos com deficiência, basta contemplar a situação em que a sua simples movimentação até o trabalho cotidiano não pode ocorrer de forma autônoma. A capacidade intelectual está intacta, mas a independência de movimentos está comprometida. O contexto que cerca o indivíduo tende apenas a assisti-lo de forma paternalista, o paternalismo afeta ações objetivas e comprometidas com a inclusão desse indivíduo no processo produtivo. Esta inclusão no processo produtivo leva à autonomia estimulando fatores positivos para uma melhoria na auto-estima dos indivíduos com deficiência.

Não há como descartar este tipo de abordagem e seu valor não pode ser diminuído em nenhum aspecto. É necessário, apenas, situá-la de forma equilibrada em relação às demais abordagens, inclusive, para seu próprio balizamento.

O *pragmatismo* seria uma outra abordagem em torno do tema. O número de indivíduos com deficiência já presente na sociedade é bastante significativo. Esta presença lembra que qualquer outro indivíduo que não esteja enquadrado nesse grupo poderá eventualmente vir a pertencer a ele. As contingências diversas que podem advir da violência urbana, do trânsito e de aspectos da saúde do próprio indivíduo, entre outros motivos ameaçam qualquer indivíduo. Portanto, a sociedade como um todo não pode se isentar ou simplesmente ignorar a problemática. Deve, sim, considerar todas as possibilidades de inclusão desses indivíduos para que eles continuem produtivos.

Além das *abordagens empática e pragmática*, pode-se considerar a questão sobre o ponto de vista *político*. Neste aspecto, vê-se uma preocupação recente do estado em orientar a sociedade no sentido de lidar com as diversas necessidades que os indivíduos com deficiência apresentam e como se relacionar com eles em situações cotidianas. Vê-se, também, uma

mobilização no aspecto *legal*, como é o caso da criação de leis dedicadas à geração de postos de trabalhos para pessoas deficientes (Lei Federal Nº 8.213, de 1991).

Considerando os aspectos didático-pedagógicos e de acessibilidade, a legislação que trata da inclusão dos indivíduos na educação formal, lei federal Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que é a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional dedica um capítulo específico à educação especial. Trata-se do capítulo V “Da Educação Especial”, que integra o título V “Dos Níveis e das Modalidades de Educação e Ensino,” além da portaria do MEC Nº1.679 de 2 de dezembro de 1999. Entre outros documentos legais, essa legislação revela algum progresso do estado no esforço de inclusão da pessoa com deficiência, tanto no processo produtivo, quanto no processo educacional. Na abordagem *política e legal*, inclui-se o aspecto *sociológico*, o qual é necessariamente perpassado por todas as abordagens citadas acima. A legislação atual prevê, ainda, na aquisição de veículos, isenções dos seguintes tributos: IPI (imposto sobre produtos industrializados, âmbito federal) de ICMS (imposto sobre circulação de mercadorias e serviços, âmbito estadual) e de IPVA (Imposto sobre veículos automotivos) para indivíduos com deficiência. Mediante laudo médico obtido nos departamentos de trânsito de suas cidades, o interessado deve comprovar a necessidade de um veículo especial para assegurar uma melhoria na sua mobilidade. Em relação a estas isenções ocorre uma contradição. Ao longo de sua vida o indivíduo com deficiência só pode se beneficiar da legislação por duas vezes, se considerarmos uma deficiência permanente, após a aquisição de dois veículos ao longo de sua vida, o indivíduo com deficiência terá o direito garantido pela lei encerrado, pois terá que pagar por seu veículo adaptado um valor maior que a tabela normal de preços. O usuário terá incluso no preço final de seu veículo o valor das adaptações que têm embutido naturalmente os lucros do fornecedor que faz estas adaptações. Estes custos adicionais podem girar em torno de valores que vão de US\$ 800,00 a US\$ 2.000,00, o que acaba inviabilizando a aquisição do veículo com prejuízo para o indivíduo com deficiência física da sua mobilidade, do acesso ao mundo do trabalho e da educação.

Além desta contradição, quando se coloca que o indivíduo com deficiência física poderá ter sua mobilidade parcialmente assegurada, considera-se que, apesar da existência dos veículos com adaptações que permitem ao portador de necessidades especiais dirigir seu próprio veículo, ele

ainda tem que ser carregado por alguém para o interior do veículo e retirado por alguém do interior dele. Este fato é a *questão central que orienta este estudo*.

Em face do exposto, este estudo parte da seguinte hipótese:

A elaboração de leis que visam à inclusão do portador de necessidades especiais nas rotinas da vida social, em especial, indivíduos com deficiências físicas, não lhes garantem a aquisição da autonomia no acesso ao seu veículo de condução própria bem como não lhe garante a autonomia no momento do estacionamento e abandono do veículo, rumo as suas atividades de rotina, sem a assistência de outra pessoa. As dimensões da região onde se aloja o condutor no veículo automotivo é o parâmetro usado para estabelecer os limites de elaboração do dispositivo mecatrônico que, para atender este parâmetro deverá contar com uma compactação, no caso do dispositivo externo de mobilidade, e de articulações rotativas com um movimento de translação no sentido vertical para o dispositivo interno de transporte no interior do veículo. Em tese, a elaboração deste dispositivo mecatrônico, composto destes dois dispositivos, um interno e outro externo, forneceria ao portador de necessidades especiais uma autonomia cujo valor só é estimável para quem não a possui.

Cabe salientar que, na essência, a natureza deste estudo é científico com ênfase na elaboração do dispositivo mecatrônico, sendo, portanto, este aspecto o que ocupará a maior parcela da atenção deste trabalho. No entanto, não se pode desconsiderar que a motivação original reside no aspecto de mobilidade, acessibilidade e ergonomia para seres humanos que, por contingências diversas, foram desconsiderados por conta da sua condição física. Não se pode afirmar que esse “status quo” de algum tempo atrás esteja totalmente superado. Mas, também, não se pode ignorar alguns progressos alcançados no sentido de incluir os indivíduos com deficiência física nas rotinas cotidianas da vida em sociedade.

Na década de setenta, surgiam as primeiras adaptações em veículos automotivos, visando possibilitar a mobilidade de indivíduos com deficiência física. Entre outras adaptações, as do tipo alavanca de embreagem manual junto à alavanca de troca de marchas em que por meio de cabos e alavancas, o indivíduo com deficiência física acionava manualmente o pedal da embreagem e dos sistemas, como serão descritos em capítulos posteriores. A empresa “Guidosimplex” aparece

como pioneira nessa área. Nas décadas de oitenta e noventa as adaptações receberam melhorias no campo da automação, com atuadores, sensores e processamento de sinais que passaram a exigir menor esforço do portador de necessidades especiais, no comando do seu veículo adaptado. Nas décadas de setenta a noventa a legislação pertinente evoluiu no sentido de contemplar aspectos sociais e econômicos como isenções sobre impostos, reserva de estacionamento dedicado a portadores de necessidades especiais em locais públicos, remoção de barreiras arquitetônicas, além da legislação para geração de oportunidades de emprego e de participação no mundo da educação.

Hoje, as principais montadoras do país enxergam um mercado de vendas para indivíduos com deficiência física e já desenvolvem programas específicos para o atendimento desses consumidores, oferecendo atendimento diferenciado em algumas de suas concessionárias, buscando, dessa forma, uma sintonia com as peculiaridades do grupo de deficiência física, em particular.

Além desse grupo de pessoas com deficiência física existe o grupo de pessoas com necessidades especiais. Neste grupo se enquadram também os idosos que com o passar dos anos vêm suas capacidades motoras e sensoriais reduzidas. A automação nos veículos automotivos vem de encontro a essas necessidades, facilitando o comando do veículo através da automação de alguns comandos.

Os departamentos de trânsito de São Paulo, Belo Horizonte e Brasília disponibilizam atualmente os chamados "Centros de Mobilidade" onde os indivíduos com deficiência física recebem assistência relativa aos aspectos legais, burocráticos e técnicos ligados ao ato de dirigir um automóvel. Os "Centros de Mobilidade" possuem simuladores capazes de medir a força residual do indivíduo sobre os membros superiores e inferiores, sua capacidade de reação física e mental a estímulos visuais e sonoros, seu campo visual, seu senso de direção e outras percepções necessárias a uma condução segura de um veículo.

Esse simulador fornece dados objetivos sobre todos esses aspectos. Assim, podem ser evitados laudos médicos subjetivos sobre o indivíduos com deficiência física imprecisos, injustos e irresponsáveis, colocando o indivíduos com deficiência física sob o jugo da incapacidade

prescrita. Os resultados do simulador são apresentados em forma de um relatório objetivo, simplificando o processo de emissão da carteira de habilitação especial, Isto evita caminhos burocráticos e remove a subjetividade dos laudos tradicionais. Esse simulador já é utilizado, há algum tempo, com sucesso em vários países da Europa. Os "Centros de Mobilidade" existentes no Brasil, nas cidades citadas, são fruto de uma parceria entre a *Fiat* e o *Banco Real ABN Amro Bank* que assinaram com o governo federal um convênio onde houve a doação de simuladores de direção aos departamentos de trânsito (DETRAN) das referidas cidades.

Independente das motivações mais ocultas ou mais evidentes, vê-se um benefício incontestável para os indivíduos com deficiência física que contemplam a possibilidade de ter um caminho menos burocrático e mais justo no processo do acesso a sua mobilidade.

1.1- Diretrizes que apontam para a inclusão do portador de necessidades especiais

É importante ressaltar que, as diretrizes do Decreto nº 3.298 de dezembro de 1999 apontam para a inclusão social. No artigo 6º estabelece as seguintes diretrizes:

I-estabelecer mecanismos que acelerem e favoreçam a inclusão social da pessoa portadora de deficiência;

II- adotar estratégias de articulação com órgãos e entidades públicos e privados, bem assim com organismos internacionais e estrangeiros para a implantação desta Política;

III- incluir a pessoa portadora de deficiência, respeitadas as suas peculiaridades, em todas as iniciativas governamentais relacionadas à educação, à saúde, ao trabalho, à edificação pública, à previdência social, à assistência social, ao transporte, à habitação, à cultura, ao esporte e ao lazer;

IV-viabilizar a participação da pessoa portadora de deficiência em todas as fases de implementação dessa Política, por meio de suas entidades representativas;

V-ampliar as alternativas de inserção econômica da pessoa portadora de deficiência, proporcionando a ela qualificação profissional e incorporação no mercado de trabalho; e

VI-garantir o efetivo atendimento das necessidades da pessoa portadora de deficiência, sem o cunho assistencialista.

No Brasil, vê-se que o cumprimento de qualquer legislação passa, freqüentemente, por uma espécie de crivo informal, em que os documentos legais são ou não colocados em prática, dependendo da vontade coletiva, posto que, nem sempre, tais documentos são acompanhados de critérios que garantam a supervisão ou fiscalização de sua aplicação. Em relação a determinadas leis é comum ouvir-se expressões, do tipo: “essa lei não pegou”, ou seja, essa lei não é praticada, de maneira informal, uma certa impunidade permite a atuação deste chamado crivo informal em relação à legislação.

Com essas colocações pretende-se objetivamente frisar que muito mais que idéias ou regras impressas, deve-se caminhar no sentido do concreto, de forma que, desde o óbvio e coerente ato de não se estacionar na vaga destinada a indivíduos com deficiência física (sem possuir deficiência) até a priorização na elaboração de equipamentos que contribuam para a autonomia do portador de necessidades especiais, e a viabilização da construção destes equipamentos, sejam realidade patente e palpável.

Este estudo converge com capítulos e artigos da lei 3.298 que se referem ao aspecto de desenvolvimento e pesquisa tecnológica de equipamentos que facilitam a inclusão do portador de necessidades especiais. O capítulo V da lei 3.298 contempla alguns instrumentos da Política Nacional para a integração da Pessoa Portadora de Deficiência dentre eles, o inciso IV define que deve haver: “o fomento da tecnologia de bioengenharia voltada para indivíduos com deficiência física, bem como a facilitação da importação de equipamentos.” Além da facilitação de importação de equipamentos, numa visão nacionalista, a lei deveria privilegiar o fomento ao desenvolvimento de equipamentos, destinados a este fim, no país, gerando assim pesquisa, empregos e benefícios com o desenvolvimento interno nesta área.

O Conselho Nacional dos Direitos da Pessoa Portadora de Deficiência (CONADE), composto por representantes de instituições governamentais e da sociedade civil tem como atribuições, entre outras, de zelar pela efetiva implantação da Política Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência; propor a elaboração de estudos e pesquisas que objetivem a melhoria da qualidade de vida dos indivíduos com deficiência física.

É interessante notar que o artigo 19 desta Lei Nº 3.298/99 coloca a “ajuda técnica” como objeto de tratamento prioritário pelos órgãos e entidades da Administração Pública Federal direta e indiretamente responsável pela saúde. Essas “ajudas técnicas” são definidas no Decreto como:

- I – próteses auditivas, visuais e físicas;
- II- órteses que favoreçam a adequação funcional;
- III-equipamentos e elementos necessários à terapia e reabilitação da pessoa portadora de Deficiência;
- IV- equipamentos, maquinarias e utensílios de trabalho especialmente desenhados ou adaptados para o uso por pessoa portadora de deficiência;
- V-elementos de mobilidade, cuidado e higiene pessoal necessários para facilitar a autonomia e a segurança da pessoa portadora de deficiência;
- VI – elementos especiais para facilitar a comunicação, a informação e a sinalização para pessoa portadora de deficiência;
- VII-equipamentos e material pedagógico especial para educação, capacitação e recreação da pessoa portadora de deficiência;
- VIII-adaptações ambientais e outras que garantam o acesso, a melhoria funcional e a autonomia pessoal e;
- IX – bolsas coletoras para os portadores de osteomia.

O acesso à educação e ao mundo do trabalho também é contemplado no decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999, devido à pertinência e a relação muito próxima do objetivo deste estudo citamos o “site” onde coletamos as informações aqui colocadas: <http://www.mtb.gov.br/temas/FiscaTrab/Legislacao/Programa/conteudo/3.298.asp>, salientando que o último acesso que fizemos foi na data de 1 de junho de 2004

1.2-Argumentação e embasamento da filosofia utilizada no trabalho.

Quando se analisam as leis atuais referentes aos indivíduos com deficiência física, como o decreto Nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999, o pensamento articula-se numa lógica que concilia a determinação da legislação, o aspecto empático, a indução do pragmatismo e, finalmente, os aspectos sociológicos e políticos. Esta lógica se apóia na implementação de ações concretas, que criem condições para que para uma determinada parcela da população, o privilégio da mobilidade

torne-se uma realidade, assim como a acessibilidade ao seu veículo de condução própria e aos locais públicos, ao mundo da educação e ao mundo do trabalho da forma mais autônoma possível.

Portanto, atender os incisos IV e V do artigo 19 deste decreto, onde as “ajudas técnicas” se concretizem em projetos factíveis. Assim a construção do dispositivo mecatrônico cujo objetivo é proporcionar aos indivíduos com deficiência física o acesso à autonomia de adentrar ao seu veículo de condução própria, sem ter que ser carregado por outra pessoa, assim como deixar o veículo no estacionamento com vaga destinada a indivíduos com deficiência física, abandonando o receptáculo do motorista em sua própria cadeira de rodas, automatizada para este fim.

1.3- Estrutura da dissertação.

Neste trabalho, a metodologia de pesquisa experimental é adotada, para que a problemática estudada esteja mais próxima à realidade. A elaboração do protótipo se realiza com modelamento do dispositivo mecatrônico em “Auto-Cad”. Para tanto, é levantada a geometria de veículos automotivos com o Braço Articulado da “Faro”, as simulações computacionais da sequência de movimentos dos dispositivos é feita com “Software Supervisor” comandado pela lógica de controle, implementada num controlador lógico programável.

O capítulo 2 deste trabalho tem por objetivo fazer uma revisão bibliográfica relativa ao contexto das três últimas décadas, no que tange a meios para a mobilidade e acessibilidade dos portadores de necessidades especiais no trânsito e em locais públicos, buscando revelar o “Estado da Arte.” Em relação à mobilidade, com foco no veículo adaptado, esta revisão bibliográfica irá descrever as adaptações em veículos automotivos e como a evolução tecnológica destas adaptações, caminhou no sentido de promover a dirigibilidade do veículo por indivíduos com deficiência física com segurança e autonomia. Os meios pelos quais o indivíduo com deficiência física poderá comandar os dispositivos automatizados serão alvo de atenção neste capítulo, as interfaces entre homem e máquina neste tipo de aplicação devem ser cuidadosamente elaboradas, em face às próprias limitações do usuário. Cabe, também, uma verificação de como evoluíram e de que forma se configuram as cadeiras de rodas automatizadas disponíveis no mercado atual,

visando coletar dados para embasar o desenvolvimento da cadeira que atenda o escopo deste trabalho.

O capítulo 3 deste trabalho é proposto de forma a situar a metodologia da utilização das ferramentas de “software” e “hardware.” Ambos dão a fundamentação para a obtenção de dimensões das estruturas para a modelagem do sistema relevando a ergonomia e dimensões. Ainda descreve o elemento de controle que determina a seqüência de movimentos dos dispositivos. Trata da ferramenta para a simulação computacional que gera a visualização virtual da seqüência de movimentos vinculada à lógica de controle, trata da ferramenta de projeto e análise de engenharia dos sistemas eletromecânicos através de “software” específico, além mostrar as opções de redes multiplexadas em veículos automotivos propondo perspectivas futuras de interligação dos módulos eletrônicos dos veículos aos dispositivos de apoio aos indivíduos com deficiência física.

O capítulo 4 trata do desenvolvimento das partes do dispositivo mecatrônico, ou seja; obtenção destas dimensões por meio de um braço de medição articulado que tem como aplicação principal à medição de carrocerias. Neste capítulo desenvolve-se a concepção mecânica dos dispositivos e seu dimensionamento, a integração entre o dispositivo mecatrônico de bordo e o dispositivo externo de mobilidade, simulação da ergonomia e das características da estrutura dos dispositivos interno de transporte e do dispositivo externo de mobilidade.

O Capítulo 5 trata da descrição geral do protótipo do dispositivo. O interfaceamento entre máquina e usuário, a lógica de processamento e controle, “software” e “hardware” para processamento, sensorização dos dispositivos, resultados das simulações computacionais, integração do “software” de controle em linguagens de programação de uso industrial com o “software” supervisor para simulação dos movimentos.

O capítulo 6 apresenta as análises dos resultados e as perspectivas futuras em relação ao protótipo, assim como sugestões para próximos trabalhos no sentido de tornar mais amigável e mais inteligente a interface “homem-máquina” de comando do dispositivo, facilitando a manipulação dos diversos movimentos dos dispositivos pelo usuário, assim como sua implementação prática de forma viável e segura.

1.4-Conclusões finais do capítulo

A utilização de atuadores elétricos, dispositivos mecânicos com movimento linear, sensores de posição, processamento lógico com característica combinatória e seqüencial, realizado por meio de um "hardware" adaptado e dedicado para este fim, compõe de forma extremamente sucinta, a proposta inicial deste trabalho. Dizemos que é uma proposta inicial, pois assim, abre-se a possibilidade de realização de pesquisas posteriores no sentido de ampliar as condições de controle e viabilizar opções de interfaces "homem – máquina" mais sofisticadas e inteligentes.

Vemos que a legislação pertinente aponta no sentido da efetivação de providências concretas no processo de inclusão dos indivíduos com deficiência física, através de dispositivos e equipamentos dedicados e especialmente projetados para este fim. Neste sentido ressaltamos a convergência entre os objetivos deste trabalho e a legislação vigente.

Capítulo 2

Estado da arte em relação a meios de mobilidade e acessibilidade.

Segundo fornecedores de equipamentos para mobilidade, as primeiras adaptações em veículos automotivos surgiram no Brasil na década de setenta. Nesta década surgiam adaptações visando possibilitar a mobilidade de indivíduos com deficiência física, num esforço ainda desprovido dos recursos tecnológicos. A transmissão de movimentos se dava essencialmente por adaptações puramente mecânicas.

Tomando-se como exemplo, uma deficiência localizada no membro inferior esquerdo, o indivíduo estaria impossibilitado de acionar a embreagem do veículo. Na adaptação do tipo alavanca de embreagem manual junto à alavanca de troca de marchas, o indivíduo com deficiência física acionava manualmente, através de cabos de aço e alavancas, o pedal da embreagem.

A precariedade destas adaptações residia no fato de todos os acionamentos serem originados pelos esforços do próprio deficiente. Embora alavancas e mecanismos fossem projetados para uma minimização desses esforços, ainda assim o deficiente deveria desenvolver uma força no punho de proporções razoáveis. Aliado ao fato dessa necessidade de um esforço considerável, o controle da liberação da embreagem para a transmissão de potência, matinha a mão do usuário presa a alavanca de mudanças de marcha. Quando do estacionamento do veículo, a manobra se realizava utilizando a marcha à ré. Pode-se portanto, imaginar a dificuldade enfrentada pelo deficiente, tendo que manter sua mão direita na alavanca de mudanças de

marcha, com a embreagem acionada efetuando o movimento da direção com a mão esquerda, num veículo que não possuía o recurso da direção assistida hidráulicamente.

Da mesma forma que ocorre atualmente, a adaptação era formatada em função da deficiência física apresentada pelo indivíduo, considerando suas particularidades em relação aos membros afetados, assim como os equipamentos disponíveis para suprir essas deficiências. Aliado a esses fatores o aspecto de segurança na condução do veículo era e é um fator primordial nos projetos dos dispositivos a serem incorporados no veículo.

Para indivíduos com deficiência física por malformação congênita e de desenvolvimento de estatura (anões, vítimas da talidomida, entre outras) é necessário o alongamento dos comandos adaptados no veículo. Os tipos de deficiência motora e as adaptações necessárias para a condução segura do veículo, são ilustradas através da tabela 2.

Tabela 2: Deficiência x equipamento necessário-Manual Fiat Autonomy 1982

<i>Identificação da deficiência</i>	<i>Equipamento a ser adaptado</i>
Membro inferior esquerdo 	Embreagem manual, embreagem automática ou câmbio automático.
Membro inferior direito 	Embreagem manual, embreagem automática ou câmbio automático, com acelerador invertido (lado esquerdo), ou freio e acelerador manuais.
Ambos os membros inferiores 	Embreagem ou câmbio automático, ambos com acelerador e freio manuais
Membro superior esquerdo 	Câmbio automático ou pré-seletor automático de marchas, ambos com comandos de painel à direita.
Membro superior direito 	Câmbio automático ou pré-seletor automático de marchas, ambos com comandos de painel à esquerda.

Como já foi exposto no capítulo 1 existem nos departamentos de trânsito de São Paulo, Belo Horizonte e Brasília os chamados “Centros de Mobilidade” onde os indivíduos com deficiência física recebem assistência relativa aos aspectos legais, burocráticos e técnicos ligados ao ato de dirigir um automóvel.

Os centros de mobilidade contém estruturas especializadas onde se efetuam testes das capacidades motoras , avaliação médica por especialista e prova prática de direção. Esta prova é realizada num circuito protegido, acompanhada por um instrutor especializado para a análise da dirigibilidade de um veículo adaptado de acordo com as necessidades do usuário.

As provas práticas individualizam as necessidades específicas, sendo precedidas da avaliação médica. O portador de necessidades especiais assume a posição do motorista no dispositivo que está ilustrado na Figura 1 onde sensores farão a mensuração da força dos membros inferiores e superiores, assim como o tempo de reação a estímulos sonoros e visuais.

Todos os dados obtidos são tabulados em um laudo que subsidia a comissão médica no sentido de deliberar a respeito da concessão da carteira de habilitação para o indivíduo com deficiência física, assim como as anotações que eventualmente devem constar no documento de habilitação. Estes dados fornecem os parâmetros de condução do veículo para a fiscalização de trânsito, quando da eventual abordagem do veículo por comandos nas vias públicas ou rodovias.

A Figura 1 ilustra um dos centros de mobilidade onde o instrutor especializado faz o trabalho de orientação e análise da performance do usuário.



Figura 1-Centro de mobilidade Fiat, Banco Real ABN Amro Bank, Detrans.

2.1-Adaptações em veículos automotivos para portadores de necessidades especiais

As adaptações que serão descritas a seguir foram desenvolvidas pela empresa “Guidosimples” que se especializou há mais de quarenta anos na Europa e em outros países no projeto e produção de dispositivos que visam proporcionar aos indivíduos com deficiência física condições seguras de condução de seu veículo automotivo. Em 1959 os irmãos Giancarlo e Stefano Venturini fundaram a Guidosimplex que nasceu de uma necessidade do pós guerra, conforme informações do responsável pela empresa Luciano D’ Amico. No final dos anos quarenta, o mecânico Otello Venturini, pai dos fundadores, foi desafiado por um primo a criar um recurso para que ele pudesse continuar na profissão de motorista depois de regressar da guerra com seqüelas que o impediam de se locomover de forma perfeita.

O desafio foi superado e a façanha passou a ser divulgada pela região, gerando outras encomendas, o que levou Otello a patentear o dispositivo em 1950, o dispositivo aperfeiçoado pelos filhos, formados em engenharia mecânica, nascendo assim a empresa.

A filosofia utilizada na concepção destes dispositivos visa o conforto e a segurança do usuário aliado à possibilidade de condução do veículo por um usuário comum que não possui deficiência alguma. A preservação da originalidade do veículo é uma diretriz que norteia o projeto e produção das adaptações.

Para deficiências dos membros inferiores, seja do membro inferior direito, esquerdo ou ambos os membros, torna-se necessário a utilização de câmbio automático que já é um acessório normal da linha de veículos de diversos fabricantes. O custo relativo desse acessório, comparado com o custo da embreagem servo-assistida, é maior. Aliado ao maior custo, o veículo equipado com câmbio automático, apresenta uma perda de potência do motor que é destinada ao próprio acionamento hidráulico do câmbio, isto leva geralmente a um consumo maior de combustível.

Temos visto o lançamento de veículos em 2003, como o próprio Corsa sedã 1.0 da GM, com a opção do sistema "Autoclutch" que nada mais é do que a embreagem servo-assistida. Naturalmente deve-se considerar o fato da troca das marchas que no caso do câmbio automático, ocorre apenas no momento da seleção de sentido, seja para frente ou para trás. No caso de embreagem servo-assistida a troca de marchas ocorre normalmente durante o percurso. Quando a deficiência ocorre num membro superior o uso do câmbio automático se torna vantajoso.

Na década de oitenta a Fiat associada à Guidosimplex colocou no mercado Brasileiro, a servo-embreagem nos veículos de sua linha, cujo funcionamento descreve-se em seguida, baseado em manuais da Fiat e da Guidosimplex.

A servo-embreagem é um equipamento que automatiza completamente o acionamento da embreagem sem, entretanto, alterar as características básicas do veículo. Funciona com servo-sistema que não tira potência do motor e, portanto, não aumenta o consumo de combustível do veículo. Este sistema possui algumas características como:

- Desacoplamento automático da embreagem com a colocação do motor em movimento;
- Ao engatar-se a 1ª marcha ou a marcha à ré, o veículo arranca, ao ser acionado o acelerador;

- O acoplamento da embreagem ocorre proporcionalmente à ação do acelerador , ou seja, um arranque rápido ou lento, depende exclusivamente do modo como se atua sobre o acelerador;
- O desacoplamento da embreagem ocorre com o veículo a menos de 20 km/h e com o acelerador não acionado;
- Acima de 20 km/h , quando existe a necessidade de troca de marchas, basta tocar o pomo adaptado à alavanca de mudanças, assim ocorre o rápido desacoplamento da embreagem. Após a seleção de marchas basta soltar-se o pomo para que haja o reacoplamento da embreagem;
- O uso do freio motor ocorre normalmente na desaceleração do veículo até os 20Km/h, quando ocorre o desacoplamento da embreagem;
- Em caso de retomada de velocidade (acima de 20 Km/h) o veículo comporta-se normalmente, visto que a embreagem já está acoplada;
- O interruptor elétrico, situado sob o painel permite ao condutor excluir o funcionamento da servo-embreagem, retornando o veículo ao funcionamento normal, para a condução por um usuário sem limitações físicas.

A servo-embreagem comanda todas as funções da embreagem sem a necessidade do acionamento do pedal. Por meio de sistemas eletrônicos e mecânicos, seu princípio de funcionamento baseia-se no vácuo gerado no coletor de admissão do motor, o qual é transmitido ao recipiente reserva que armazena e estabiliza o nível de vácuo no sistema. Podemos definir as etapas de funcionamento da servo-embreagem conforme ilustra a Figura 2, onde temos etapa de arranque com suas subetapas e a etapa de mudança de marchas com suas respectivas subetapas. As subetapas de arranque compreendem as etapas de desacoplamento, semi-acoplamento e acoplamento. Para as subetapas de mudança de marchas temos o desacoplamento e o acoplamento simplesmente.

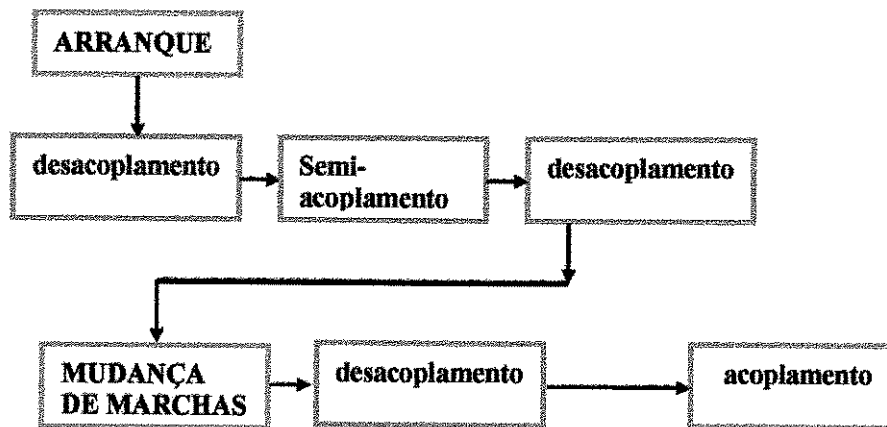


Figura 2- Etapas de funcionamento da servo-embreagem.

No arranque a primeira etapa é o desacoplamento com o motor em marcha lenta. A geração de vácuo é direcionada à antecâmara por intermédio de uma eletroválvula de três vias, identificada com o número dois no desenho da Figura 3 que mostra todo o circuito durante a etapa do desacoplamento da embreagem.

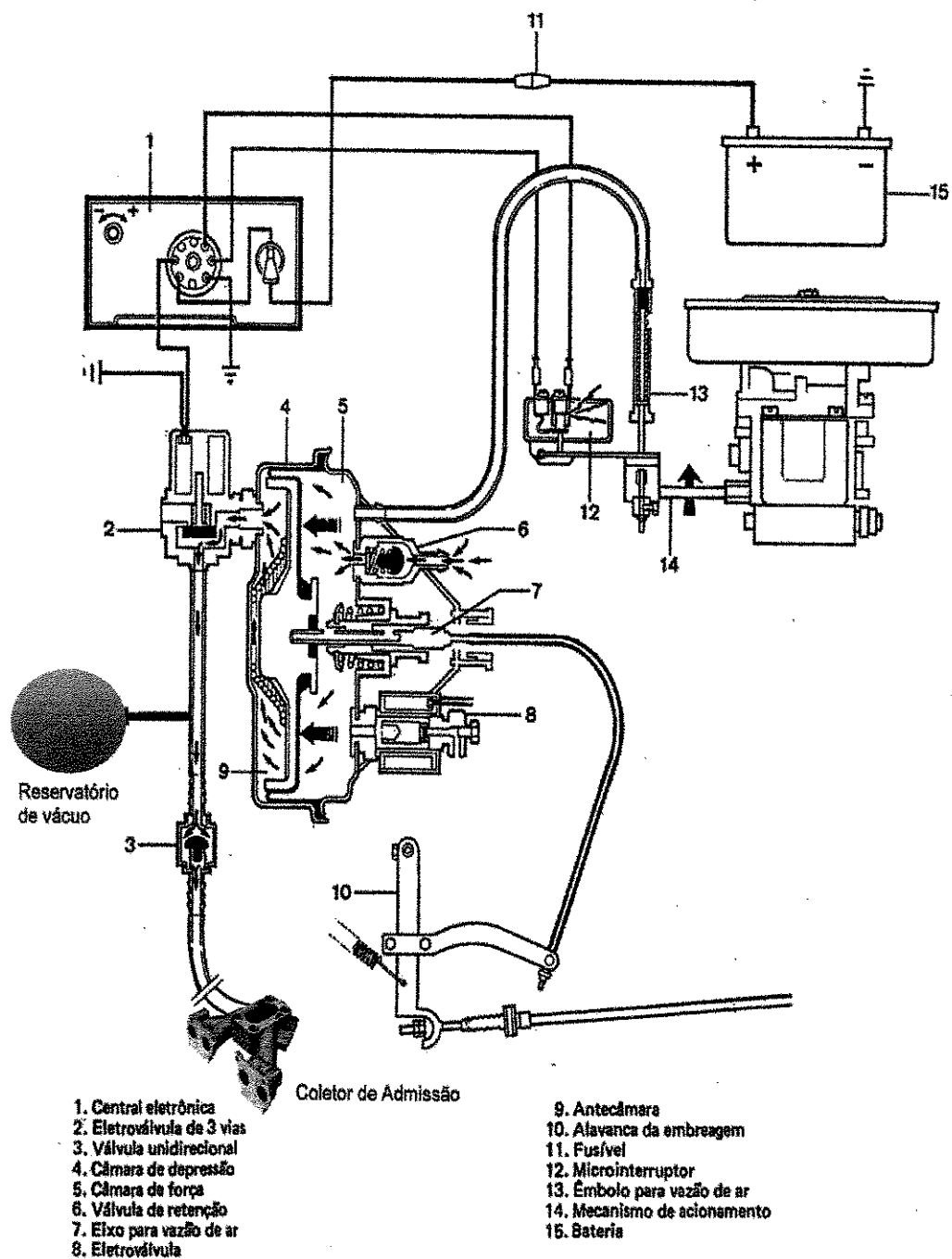


Figura 3- Arranque / desacoplamento(Manual Fiat Autonomy 1982).

A eletroválvula (2) é acionada pelo microrruptor (12) que energiza a bobina desta eletroválvula mantendo o vácuo na câmara de depressão (4). O fluxo de ar na pressão atmosférica vai para a câmara de força (5), que fará o acionamento do eixo (7) provocando a atuação de alavanca de embreagem (10), e então o desacoplamento da embreagem.

A Figura 4 mostra o dispositivo na fase de semi-acoplamento. Esta ocorre quando a rotação do motor aumenta. Através do desacionamento do microrruptor a eletroválvula de três vias (2), é desativada, portanto não mais direcionado o vácuo para a câmara de depressão (4), e sim ar à pressão atmosférica. Para equilibrar as pressões internas da câmara, uma parte do ar, em maior volume na câmara de força (5), deverá fluir pelo orifício de vazão existente no eixo do êmbolo (7), deslocando-o para fora, proporcionando o semi-acoplamento da embreagem.

É interessante observar no semi-acoplamento que o fluxo de ar que sai da câmara de força tem seu percurso restringido pelos orifícios internos do eixo para vazão de ar (7), o que promove um semi-acoplamento gradativo. Nesta situação existe a eminência de movimento do veículo, devido ao semi-acoplamento.

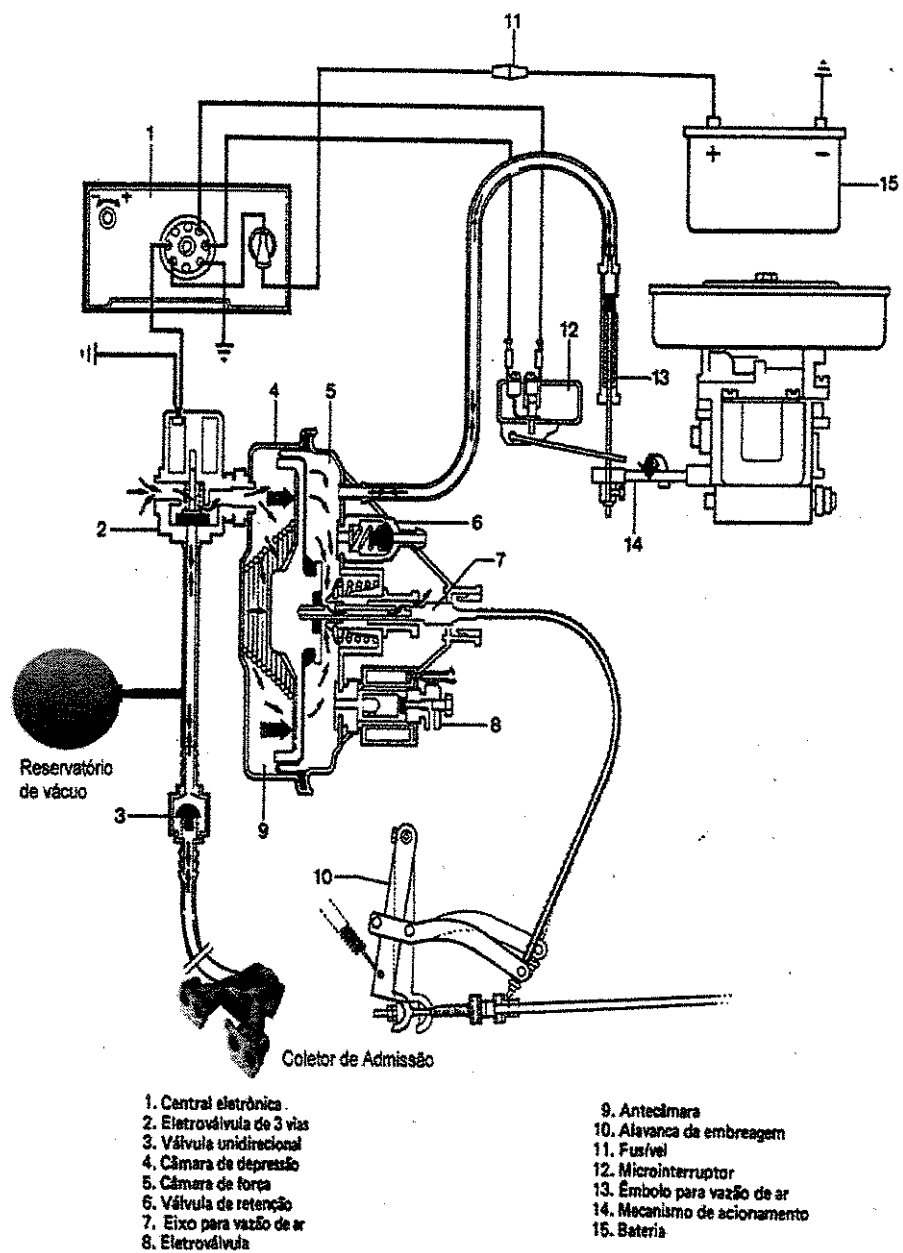
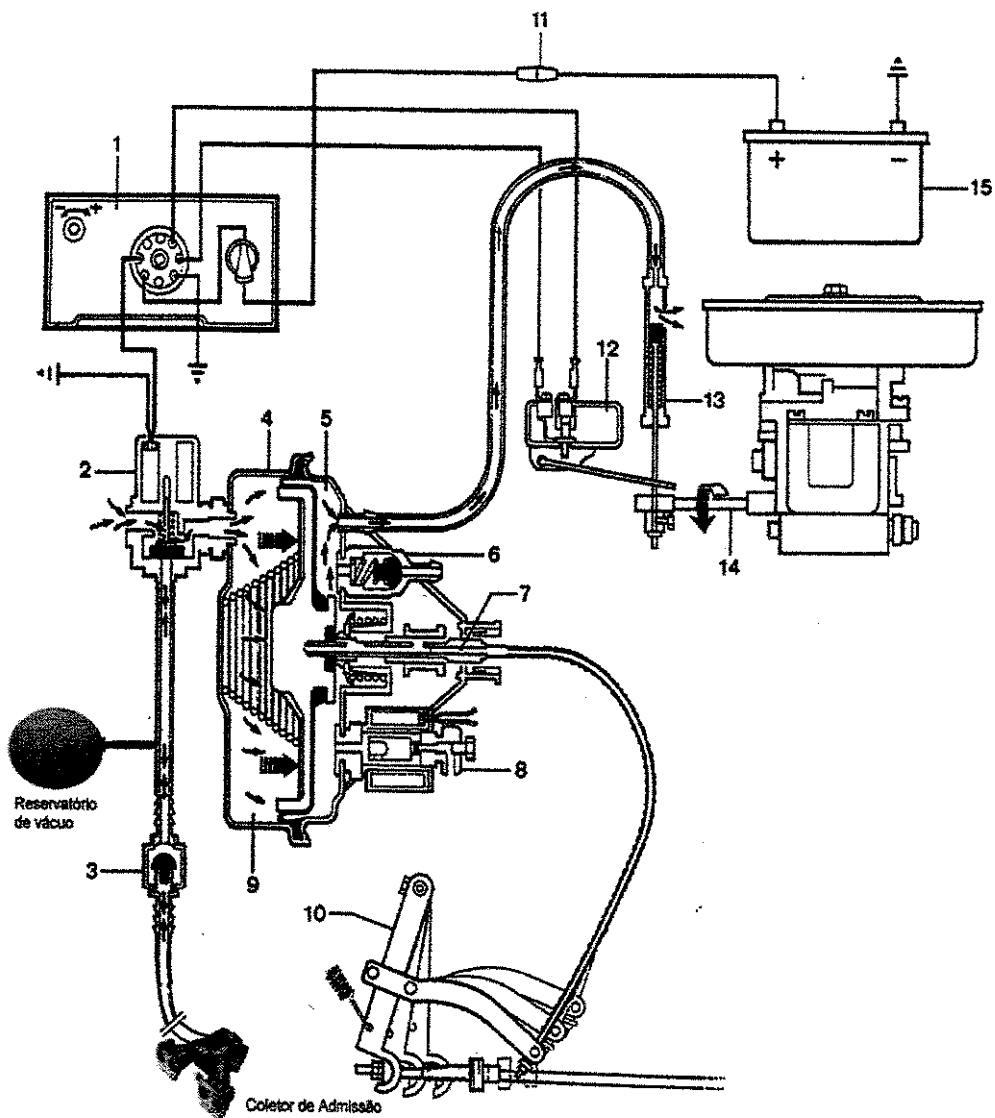


Figura 4- Arranque: semi-acoplamento(Manual Fiat Autonomy 1982).

A última etapa do processo de arranque consiste no acoplamento. Nesta fase o motor está com sua rotação num nível mais elevado e o veículo já está iniciando seu arranque. O ar da câmara de força, que estava sendo exaurido pelo orifício do eixo para vazão de ar (7) na etapa de acoplamento, já não pode ser retirado da câmara por este canal pois ele se encontra obstruído. O ar restante nesta câmara já não possui o orifício de vazão do eixo para exaustão completa. Neste momento o mecanismo de acionamento do acelerador atua sobre o êmbolo de vazão progressiva de ar (13) que está conectado à câmara de força (5), promovendo a retirada deste ar restante e provocando o deslocamento total do eixo para vazão de ar (7). Isto ocorre devido a ação concomitante da mola interna que auxilia o eixo se posicionar de forma a gerar o total acoplamento da embreagem.

A Figura 5 ilustra o processo de acoplamento. Cabe salientar que nesta figura vemos o êmbolo (13) fazendo a liberação do ar residual e a obstrução de saída do ar pelo eixo de vazão (7). Pode-se notar também na Figura 5 que a eletroválvula de três vias (2) está desacionada pela central eletrônica, permitindo a entrada de ar na câmara de depressão, assim como ocorreu na etapa de semi-acoplamento.



1. Central eletrônica
2. Eletroválvula de 3 vias
3. Válvula unidirecional
4. Câmara de depressão
5. Câmara de força
6. Válvula de retenção
7. Eixo para vazão de ar
8. Eletroválvula

9. Antecâmara
10. Alavanca da embreagem
11. Fusível
12. Microinterruptor
13. Êmbolo para vazão de ar
14. Mecanismo de acionamento
15. Bateria

Figura 5- Arranque: acoplamento (Manual Fiat Autonomy 1982)

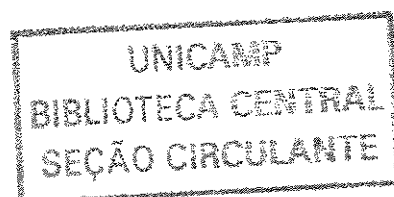
Descrevemos, até este ponto, a etapa de arranque com as suas subetapas. Em seguida, descreveremos a etapa de mudanças de marchas com as subetapas de desacoplamento e acoplamento da embreagem no movimento do veículo. A comutação do dispositivo de servo-embreagem assume nesta etapa uma característica mais ágil, pois tanto o desacoplamento como o acoplamento devem acontecer num intervalo de tempo menor para atender os requisitos de movimentação segura de acordo com as condições do trânsito.

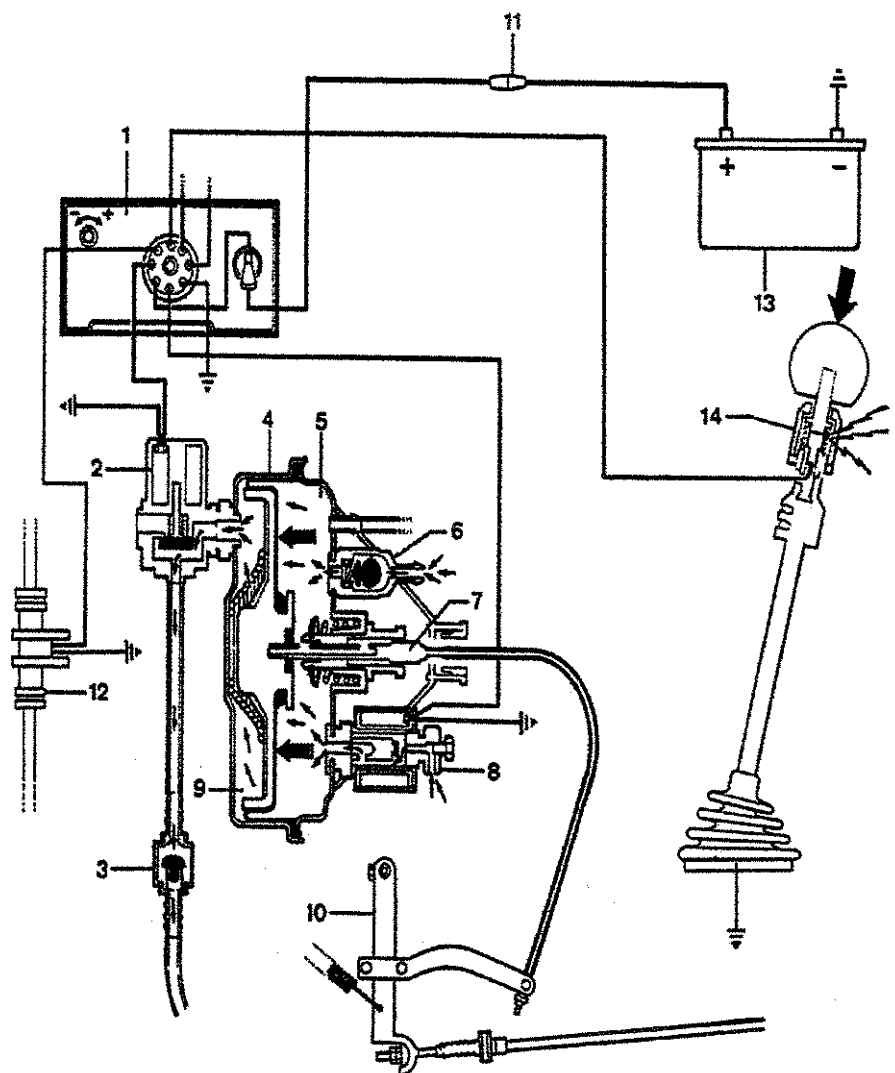
O desacoplamento da embreagem acontece no momento em que o condutor toca o pomo da alavanca de mudanças de marchas. Enquanto o pomo estiver acionado pelo usuário, a central eletrônica estará sendo informada eletricamente. A central eletrônica manterá o sinal elétrico para a eletroválvula de 3 vias (2) que admitirá o vácuo proveniente do coletor.

A câmara de depressão funciona sob vácuo liberado pela eletroválvula de 3 vias. Na câmara de força ocorre a admissão de ar através da válvula de retenção (6) e pela eletroválvula (8). A eletroválvula (8) está acionada nesta etapa devido à informação do gerador de frequências, o qual informa a central eletrônica que o veículo se encontra numa velocidade superior a 20 km/h, estando, portanto, na etapa de mudanças de marchas. Ambos os processos de admissão de ar e de exaustão ocorrerão com o auxílio desta válvula que possui uma restrição variável utilizada no ajuste da velocidade dos processos de desacoplamento e de acoplamento na etapa de mudanças de marchas.

A válvula de retenção (6) atua apenas no desacoplamento da embreagem, admitindo ar na câmara de força. Quando ocorrer o desacoplamento o ar dessa câmara será exaurido pela eletroválvula (8) com ajuste na vazão de exaustão regulando, portanto, a velocidade de acoplamento. Com isto podem-se evitar trancos no acoplamento da embreagem.

A Figura 6 ilustra o desacoplamento na etapa de mudanças de marcha. Cabe salientar que a colocação do gerador de frequências que informa a central eletrônica sobre a velocidade do veículo.





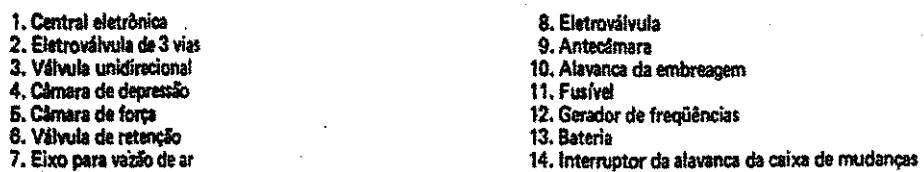
- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Central eletrônica | 8. Eletroválvula |
| 2. Eletroválvula de 3 vias | 9. Antecâmara |
| 3. Válvula unidirecional | 10. Alavanca da embreagem |
| 4. Câmara de depressão | 11. Fusível |
| 5. Câmara de força | 12. Gerador de freqüências |
| 6. Válvula de retenção | 13. Bateria |
| 7. Eixo para vazão de ar | 14. Interruptor da alavanca da caixa de mudanças |

Figura 6- Mudança de marchas / desacoplamento(Manual Fiat Autonomy 1982).

Na etapa de mudança de marchas, o acoplamento da embreagem ocorre após o engrenamento de uma nova marcha. Quando o usuário libera o pomo na alavanca de mudanças (14), o microruptor manda a informação do desacionamento da alavanca de mudança de marchas para a central eletrônica (1) que por sua vez, comanda o desacionamento da eletroválvula de 3 vias (2). Ao desacionar a eletroválvula de 3 vias o ar à pressão atmosférica penetra na câmara de depressão e juntamente com a mola do eixo para vazão de ar, move todo o conjunto no sentido de acoplamento de embreagem.

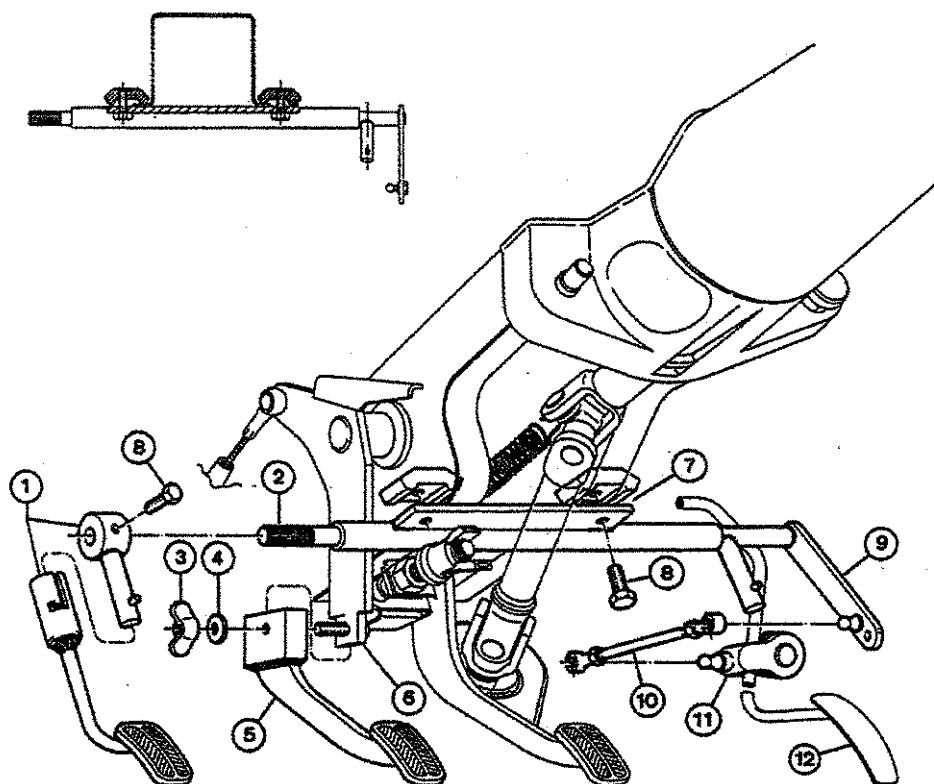
O gerador de frequências manda a informação que o veículo encontra-se numa velocidade maior ou igual a 20km/h, portanto a eletroválvula (8) permanece acionada, permitindo assim a exaustão do ar contido na câmara de força e o acoplamento da embreagem. A velocidade deste acoplamento pode ser ajustada através da exaustão do ar da câmara de força. Este ajuste depende da regulagem feita na válvula reguladora de fluxo bidirecional que está acoplada a eletroválvula (8).

A Figura 7 ilustra esta comutação das válvulas na etapa de acoplamento da embreagem. Cabe ainda ressaltar que a válvula de retenção (6) não permite o fluxo de ar no sentido de exaustão da câmara de força, pois como podemos verificar pela Figura 7, uma mola faz o fechamento desta válvula nesta etapa, fazendo com que todo o ar de exaustão seja escoado de forma regulada pela eletroválvula (8). A válvula de retenção (6) na etapa de desacoplamento tem a função de fazer a admissão de ar juntamente com a eletroválvula (8), tanto na fase de mudança de marchas como na fase de arranque.



28

Com o sistema de servo-embreagem estão contempladas as deficiências dos membros inferiores. No caso da deficiência residir no membro inferior direito, existe a necessidade da inversão do pedal do acelerador, sendo utilizado o pedal de freio original do veículo. A Figura 8 ilustra a inversão do pedal do acelerador.



- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Pedal complementar do acelerador | 7. Fixação do conjunto |
| 2. Alavanca | 8. Parafuso |
| 3. Forca | 9. Haste |
| 4. Arruela | 10. Barra |
| 5. Pedal de embreagem | 11. Fixação no pedal |
| 6. Pré-disposição p/ pedal de embreagem | 12. Pedal do acelerador |

Figura 8- Inversão do Pedal do Acelerador (Manual Fiat Autonomy 1982).

Esta adaptação é relativamente simples, pois consiste basicamente numa haste (9) que transmite o movimento do acelerador adaptado ao acelerador original.

No caso da deficiência residir nos dois membros inferiores existe a necessidade de adaptação de freio de serviço manual, que consiste em uma alavanca, instalada sob a coluna de direção que freia o veículo ao ser empurrada para frente de forma gradativa.

A alavanca é dotada de botão-trava que, pressionado juntamente com esta, trava o posicionamento do freio, auxiliando o condutor nas saídas em aclives.

Para destravar a alavanca, basta uma leve pressão para frente no seu pomo. O mecanismo age diretamente sobre o pedal do freio por intermédio de barra e pela ação da alavanca. A Figura 9 ilustra a adaptação de freio manual.

Regulagens:

- a) Sensibilidade de ação do freio: parafuso 1
- b) Sensibilidade de movimento da alavanca: parafuso 2
- c) Curso morto da alavanca: parafuso 3

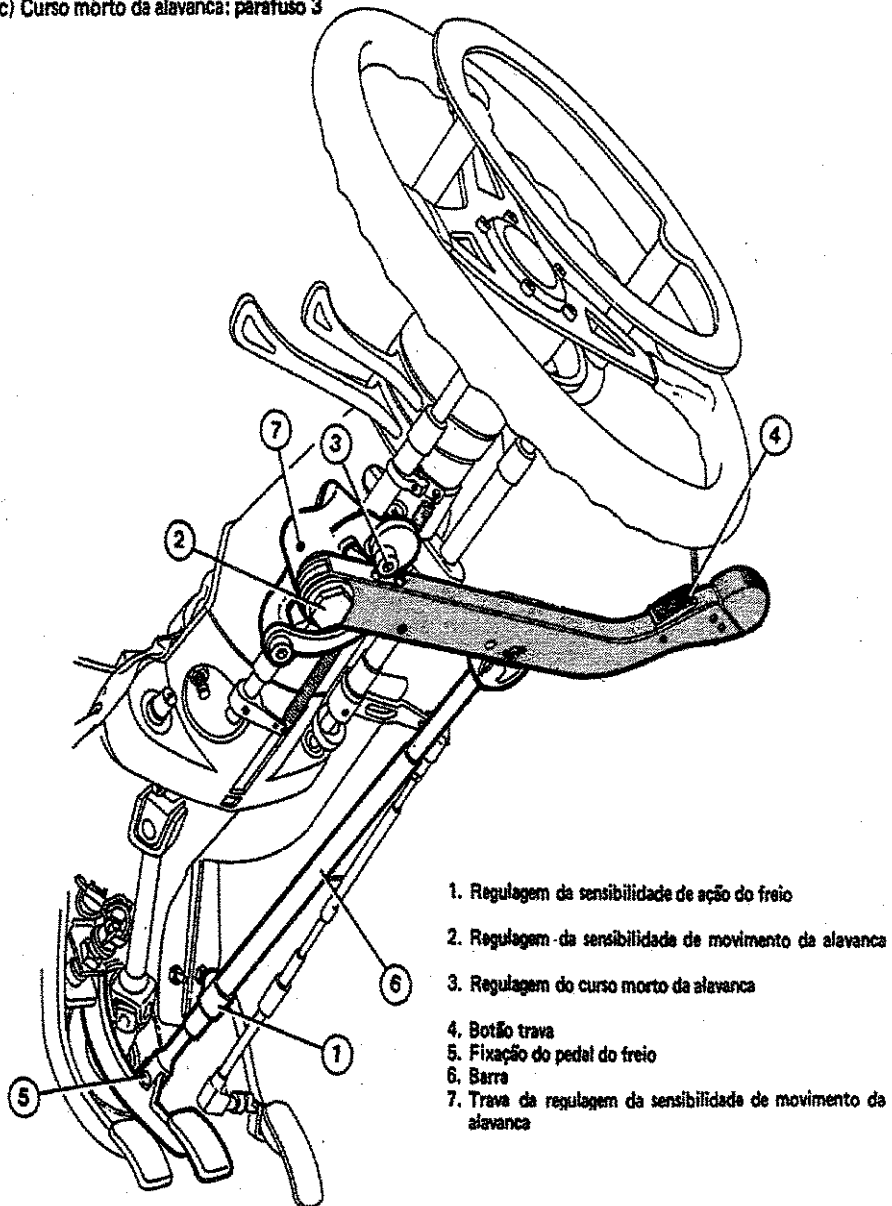
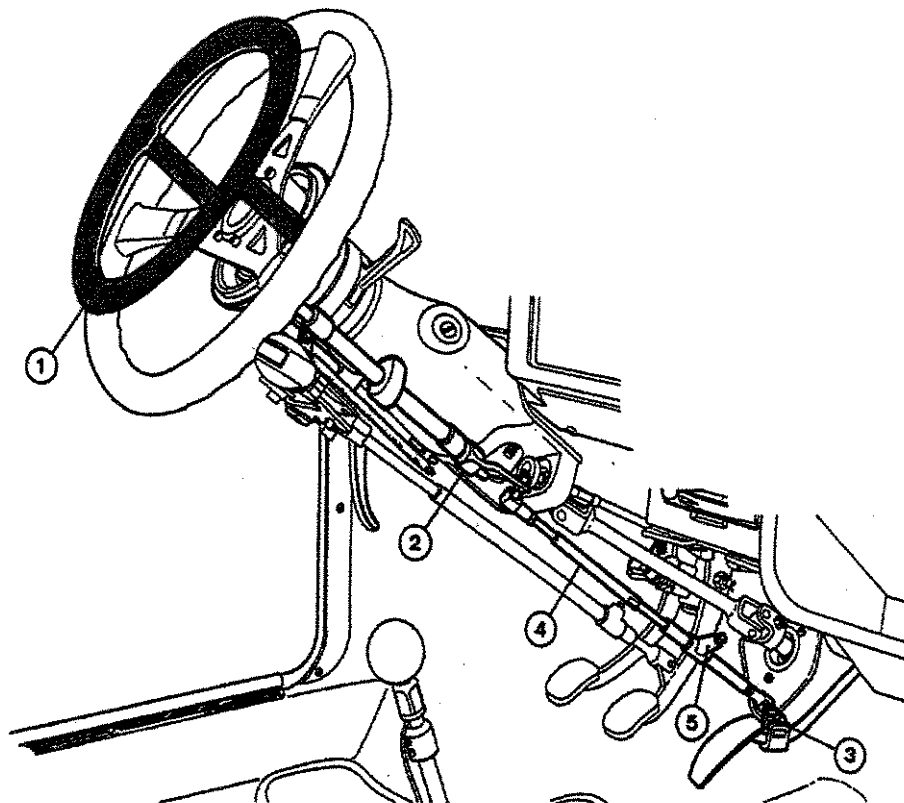


Figura 9- Freio manual (Manual Fiat Autonomy 1982).

O controle de aceleração do veículo deve ser feito manualmente, pois a deficiência reside nos membros inferiores. O dispositivo consiste em um aro instalado sobre o volante que acelera gradativamente ao ser pressionado, e desacelera proporcionalmente ao aliviar-se esta pressão. Por intermédio de barras, o mecanismo age diretamente no pedal do acelerador. Um sistema absorvedor de impactos desativa automaticamente a aceleração, em caso de colisão. A Figura 10 ilustra o mecanismo de aceleração manual.



- 1. Aro comando da aceleração
- 2. Ajuste da folga do mecanismo
- 3. Fixação no pedal do acelerador
- 4. Barra
- 5. Sistema absorvedor de impactos

Figura 10- Acelerador manual (Manual Fiat Autonomy 1982).

As adaptações ilustradas anteriormente foram projetadas na década de oitenta. Com a utilização dos dispositivos e o retorno fornecido pelos usuários, foram implementadas melhorias nas adaptações no sentido de tornar mais preciso, mais ágil e mais confortável o comando dos dispositivos de condução do veículo. Na apostila *Autonomy* do Programa para a Mobilidade da Fiat de junho de 1997, vemos incorporadas as inovações tecnológicas aos dispositivos mostrados até aqui.

A Figura 11 ilustra o sistema de acelerador e freio manuais. Nota-se pela figura que o aro de aceleração (A) é montado na posição posterior ao volante de direção, o que possibilita ao usuário uma situação mais confortável de acionamento. A alavanca de freio está indicada pela letra (B).

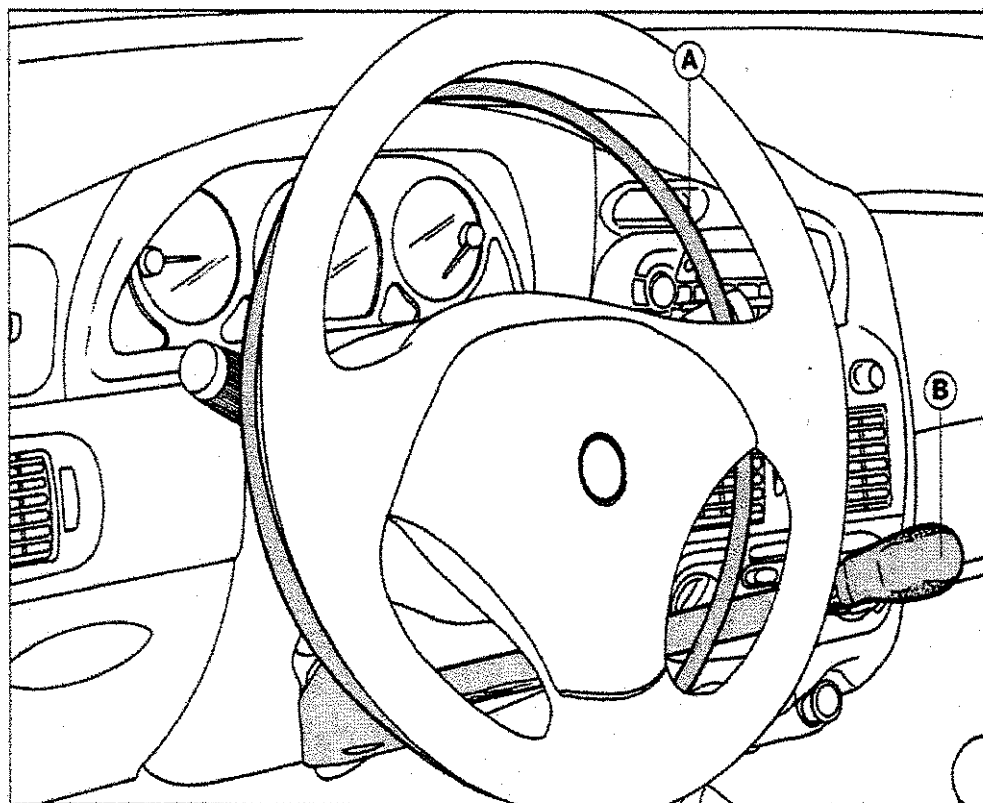
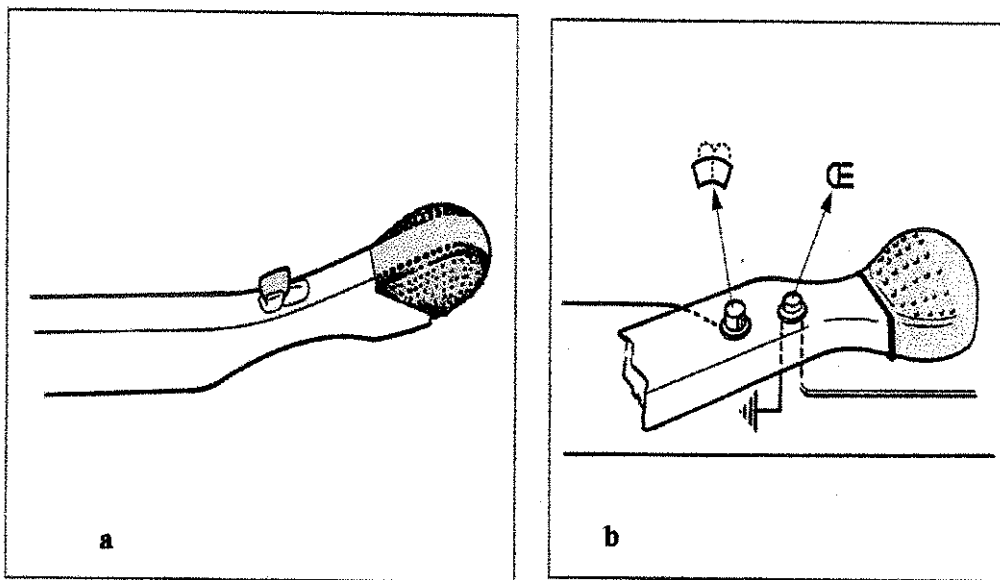


Figura 11- Freio e acelerador manual (Manual Fiat Autonomy 1997).

Os comandos de lampejo dos faróis e acionamento do lavador do pára-brisa são incorporados à alavanca de acionamento do freio ilustrado na Figura 12b. Existe nestes detalhes uma preocupação ergonômica pois o usuário pode executar estes comandos sem retirar a mão da alavanca de acionamento do freio. Estes comandos aparecem ilustrados na Figura 12a.

Quando o veículo encontra-se em aclives e necessita arrancar ou quando o veículo está estacionado é necessária a liberação do freio de serviço. Isto ocorre mediante uma leve pressão sobre o pomo do botão trava para frente, como ilustra a Figura 12a. Para o travamento do freio basta acionar o botão trava e o veículo permanecerá com o freio ativado.



Figuras 12 -Comandos de lampejo, limpador de para brisa e botão de trava (Manual Fiat Autonomy 1997).

A substituição de microrruptores por sensores, tanto na alavanca de mudanças quando do elemento que informa a velocidade do veículo, denotam a evolução tecnológica dos dispositivos, além do aprimoramento da central eletrônica em termos de processamento. A Figura 13 ilustra o esquema atualizado do dispositivo completo de servo-embreagem.

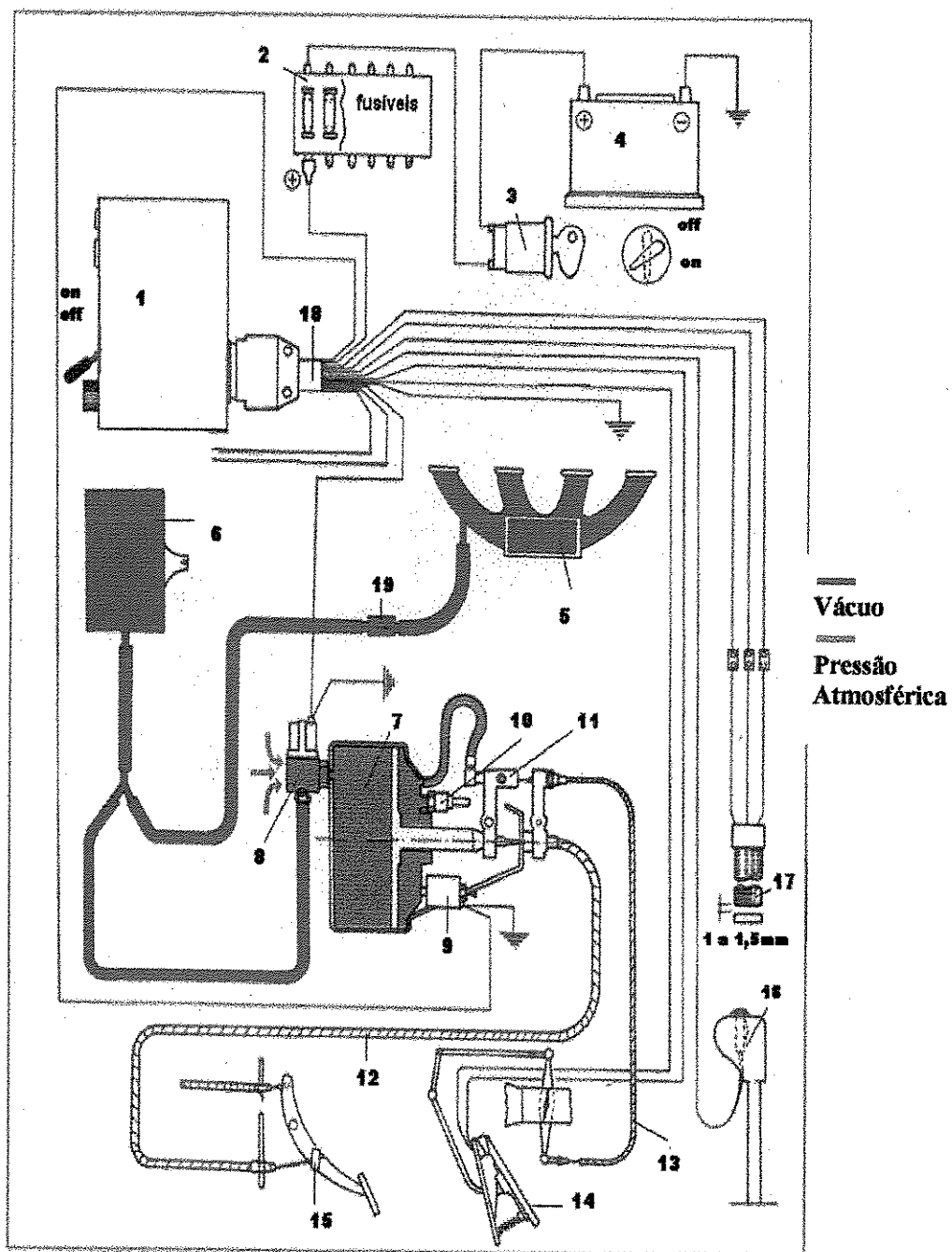


Figura 13- Embreagem automática-versão 1997 (Manual Fiat Autonomy 1997).

A descrição dos componentes da Figura 13 pode ser feita como segue:

1. Central eletrônica de controle
2. Central porta-fusível do veículo e fusível de serviço
3. Comutador de ignição
4. Bateria
5. Coletor de admissão
6. Reservatório de depressão
7. Pulmão ou servomecanismo atuador
8. Eletroválvula para comutação de depressão
9. Eletroválvula para exaustão da câmara de força
10. Válvula unidirecional mecânica
11. Válvula de alívio mecânica
12. Cabo da servo-embreagem
13. Cabo do acelerador para comando de alívio
14. Microinterruptor do pedal de aceleração
15. Cabo de ligação da servo-embreagem ao pedal de embreagem
16. Sensor óptico da alavanca de marchas
17. Sensor de velocidades
18. Conector e chicote elétrico da central para os componentes
19. Válvula unidirecional no canal de depressão

Em termos de funcionamento podemos considerar que todas as etapas e subetapas descritas para a o sistema anterior se repetem neste novo sistema que lança mão de componentes tecnologicamente mais modernos para executar as mesmas funções com maior eficiência, confiabilidade e durabilidade.

Na Figura 13 as partes em vermelho são regiões de vácuo e as em azul são regiões de pressão atmosférica.

Muitas vezes o usuário com deficiência nos dois membros inferiores tem a preferência do acionamento ilustrado Figura 14. Esta figura mostra uma opção do fabricante Guidosimplex onde

a aceleração e a frenagem do veículo é feita por uma alavanca, eliminando os aros no volante. Isto facilita a remoção do volante caso isto seja necessário à introdução da cadeira de rodas automatizada no interior do veículo, sendo um obstáculo removível e mantendo a originalidade estética do volante.

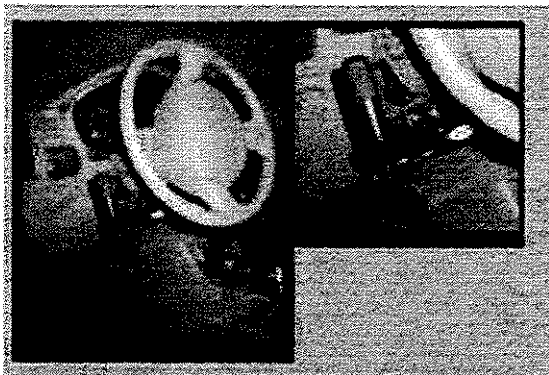


Figura 14- Alavanca de aceleração e frenagem-Site da Guidosimplex

2.2 Meios de mobilidade seus aspectos sociais e históricos

Na década de 60 o movimento de liberação colocava que oportunidades iguais deveriam existir para uma minoria de indivíduos com deficiência motora, pois todos os aspectos que envolvem a vida do indivíduo, sejam os aspectos fisiológicos, psicológicos ou espirituais são afetados pela competência de mover-se na forma independente. (Browning et al.1996).

A limitação territorial e física do ambiente imposta a um indivíduo inibe as relações interpessoais, a reciprocidade social, pois colocam os indivíduos com deficiência física numa condição de inferioridade, segundo constatações de Browning et al. (1996).Aqueles que dominam seus respectivos territórios normalmente controlam as relações interpessoais inerentes a eles.

A cadeira de rodas, como opção para o acesso à mobilidade, tem origem remota no século VI, onde se registrou num sarcófago chinês, inscrita em uma pedra a imagem de uma cadeira de rodas, o rei Felipe II da Espanha usou uma cadeira que possuía rodas, braços e pernas móveis. Uma cadeira desenvolvida no século XVIII é a precursora das cadeiras que existem hoje, uma vez que se assemelha estruturalmente, à cadeira que temos hoje em dia.Uma patente americana

para cadeiras de rodas surgiu em 1894, com armação fixa, superfícies ajustáveis, com assentos em vime, e rodas com diâmetros grandes para facilitar a propulsão própria.

A primeira cadeira de rodas com possibilidade de compactação através de dobradiças foi desenvolvida em 1932 pelo engenheiro Herbert A. Everest (Smith & Leslie Jr. 1990), indivíduo com deficiência física. A cadeira de rodas adquiriu a característica de portabilidade com a compactação.

As cadeiras de rodas motorizadas surgiram comercialmente no início dos anos setenta (Kumar, Rahman & Krovi, 1997; Browning et al., 1996). Elas deram aos indivíduos com deficiência física uma maior autonomia.

2.3 Meios de mobilidade automatizados e seus aspectos tecnológicos e ergonômicos, de mobilidade e de acessibilidade

Existem alguns fabricantes que atendem o mercado nacional com cadeiras de rodas automatizadas que possibilitam uma mobilidade com maior qualidade em termos de minimização de esforços repetitivos e conseqüentes lesões devidos a estes esforços repetitivos, num indivíduo que já possui determinadas limitações físicas.

As figuras seguintes ilustram cadeiras automatizadas e opcionais que visam gerar o maior conforto possível ao indivíduo com deficiência física com limitações de movimentos. Alguns sites foram consultados para se ter idéia do estado da arte no que tange a cadeiras de rodas automatizadas, em especial selecionamos informações do site da Kapra : www.Kapra.com.br . Na Figura 15 ilustramos uma cadeira de rodas automatizada. Notamos no modelo da Figura 15 que a cadeira possui três conjuntos de rodas, um conjunto para tração que é o conjunto intermediário, um conjunto de estabilização e apoio traseiro.



Figura 15- Cadeira de rodas automatizada (site da Kapra).

O conjunto de rodas dianteiras tem a finalidade principal de dar a possibilidade ao usuário de subir em desníveis no terreno do tipo de uma guia de uma via para uma calçada. A Figura 16 ilustra a sequência de movimentos (imagens de 1 a 5) que possibilitam a transposição de um degrau numa via pública.

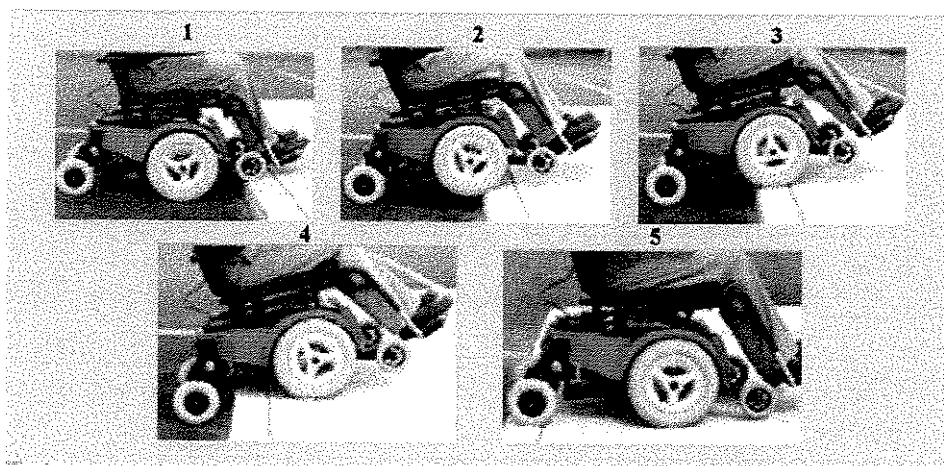


Figura 16- Fotos de etapas para a transposição de um degrau.(site da Kapra).

Existem benefícios na possibilidade de mudanças na postura do usuário de cadeira de rodas.No que se refere a aspectos orgânicos temos: a circulação sanguínea, força muscular, controle abdominal e melhora na absorção de cálcio. Em termos de aspectos psicológicos, a possibilidade de se comunicar com seu interlocutor num mesmo nível físico numa mesa de

reuniões ou em outras situações, dá uma melhor condição psicológica a alguém que já interioriza uma postura de inferioridade. A possibilidade de acesso a objetos colocados em um nível mais alto, através da elevação da cadeira, propicia ao usuário uma autonomia importante.

Na Figura 17 vemos um modelo onde existe a possibilidade de reclinção, inclinação e elevação da cadeira de rodas, com atuadores elétricos, propiciando ao usuário todos os benefícios citados anteriormente. Todos os comandos são feitos pelo próprio indivíduo com deficiência física através de um “joystick” que realiza a entrada de sinais para uma placa microprocessada que libera sinais para os “drivers” de comando dos atuadores elétricos.

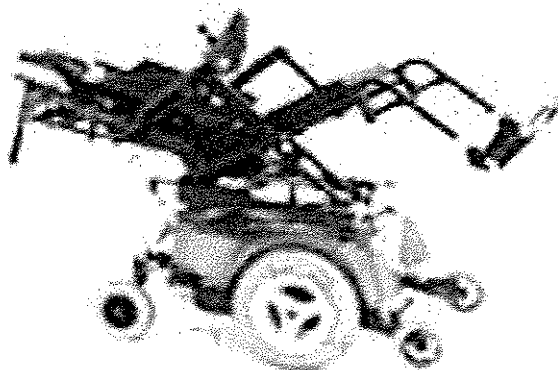


Figura 17-Bancos Jazzy, com reclinção, inclinação- site da Kapra

A Figura 18 ilustra a possibilidade de reclinção, inclinação, e elevação do usuário e dos membros inferiores. A elevação da cadeira possibilita um incremento na região de acesso e melhora na ergonomia para o usuário. A elevação das pernas, propicia a melhoria da circulação sanguínea nos membros inferiores.



Figura 18-Bancos Jazzy de múltiplos recursos (Site da Kapra).

As características técnicas dos diversos modelos podem ser retiradas do mesmo site, “Kapra.com.br.” A seguir está colocada a Tabela 3, que mostra especificações técnicas do modelo apresentado na Figura 18.

Tabela 3. Especificações técnicas da cadeira ilustrada na Figura 17 (Fonte : Site da Kapra).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
Largura:	64,5 cm
Capacidade de Peso:	até 136 Kg
Velocidade Máxima:	7,2 Km/h
Raio de Giro:	49,5 cm
Diâmetro roda com tração:	35,6 cm (pneu)
Distância do chão	8,9 cm
Autonomia:	até 40 Km por carga de baterias
Peso da bateria:	21,8 Kg cada
Tipo de bateria:	Duas com 12-VOLT, 22 NF
Carregador de bateria:	Embutido, consumo mínimo
Suspensão:	Total
Controle:	Normal: 5 AMP Pilot Opcional: P&G Remoto ou dinâmico
Com freio inteligente, suspensão e dois motores	

2.4 Interface e adaptação entre o usuário e os comandos do veículo

O indivíduo com deficiência motora nos membros superiores necessita de uma interface que reúna num só painel de interface todos os comandos dos diversos dispositivos do veículo, isto é, setas de direção, limpador de para brisas, pisca alerta, faróis e outros.

A empresa Guidosimplex é uma das fornecedoras deste tipo de acessório para a adaptação no volante do veículo. O acesso aos comandos é facilitado pela centralização em um só painel de todos os comandos de serviço. O acionamento por infravermelho possibilita, por simples aproximação do ponto de acionamento, a ativação do dispositivo desejado.

A Figura 18, retirada do site da Guidosimplex, ilustra este painel de interface para os comandos de serviço. A opção ergonômica para o indivíduo com deficiência física, permite o acesso de forma segura e ágil a todos os comandos periféricos do veículo.

Este tipo de adaptação da Figura 19 exige naturalmente que a cablagem dos dispositivos de serviço seja concentrada num painel que recebe os sinais de comando do painel de infravermelho colocado no volante.

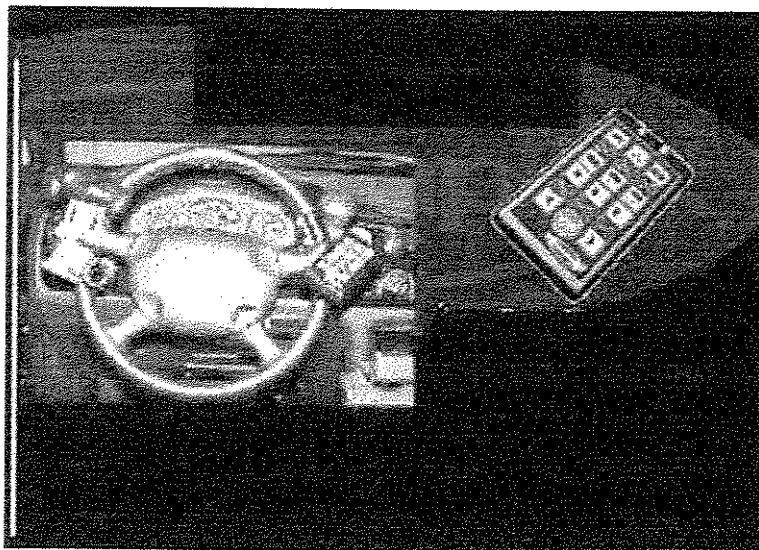


Figura 19 – Central de comando a infravermelho (Site da Guidosimplex).

Uma necessidade especial que também tem sido alvo de atenção é o nanismo. Para estes, a adaptação é semelhante à ilustrada na Figura 20, retirada do “site” da Lmrrio-Criações. Adaptações para deficientes físicos, tem sido utilizada para atender pessoas cujos membros não possuem o comprimento mínimo necessário para o acionamento dos comandos dos pedais dos

veículos. A adaptação visa à aproximação dos comandos a partir de 15 cm. Ela tem uma base fixada no assoalho do veículo com três alavancas articuladas ligadas aos pedais por intermédio de hastes cilíndricas cujas extremidades possuem terminais também articulados. O equipamento possui sistema de engate e desengate rápido, propiciando a colocação e remoção da adaptação de forma prática e ágil.

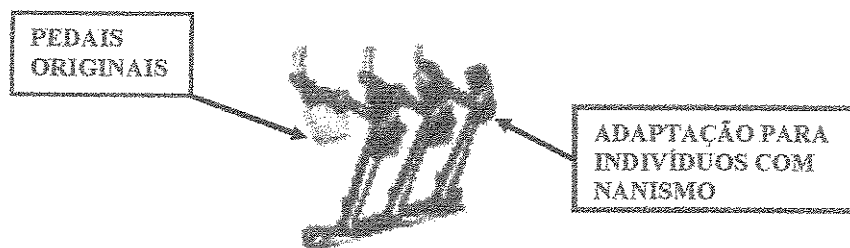


Figura 20. Adaptação para indivíduos com nanismo (Site da LMrio).

2.5 Conclusões finais do capítulo

Nesta revisão bibliográfica destacam-se alguns aspectos da evolução das adaptações em veículos automotivos, para indivíduos com deficiência física. Vemos nestes aspectos um acompanhamento da evolução tecnológica, desde as adaptações puramente mecânicas desenvolvidas no final da segunda guerra mundial até as comandadas por centrais eletrônicas da década de noventa, com eletroválvulas e sensores para detecção da velocidade do veículo.

Seguindo uma linha similar à linha de evolução das adaptações para veículos automotivos, as cadeiras de rodas também saíram de cadeiras construídas com assentos em vime, e de rodas com diâmetros grandes para facilitar a propulsão própria, para cadeiras automatizadas que permitem a transposição de determinados obstáculos. Elas dão possibilidade de elevação do assento, reclinção do encosto, elevação dos pés tornando a locomoção e a permanência do indivíduo com deficiência física na cadeira de rodas, mais ergonômica e portanto mais confortável. Estes aspectos minimizam o sentimento de inutilidade por parte do deficiente. Assim sua mobilidade e acessibilidade são colocadas num patamar de maior flexibilidade e segurança.

Os progressos obtidos nas adaptações dos veículos automotivos viabilizam a elaboração do dispositivo proposto neste estudo, pois o indivíduo com deficiência não poderia conduzir seu próprio veículo sem estas adaptações. A junção da evolução na concepção das cadeiras de rodas

com as adaptações em veículos automotivos para a condução deles por deficientes físicos dão suporte para o dispositivo mecatrônico desenvolvido neste trabalho, pois em conjunto possibilitam a obtenção da autonomia relativa ao indivíduo com deficiência física. Acreditamos que este estudo está criando uma opção importante de mobilidade e acessibilidade ao indivíduo com deficiência física, com ergonomia e segurança na condução autônoma do seu veículo adaptado.

Capítulo 3

Ferramentas de desenvolvimento dos dispositivos.

Neste capítulo serão apresentadas as fundamentações teóricas e a descrição das ferramentas de “software” e de “hardware” utilizadas na criação e desenvolvimento dos dispositivos interno e externo, respectivamente: o dispositivo mecatrônico de transporte e a cadeira de rodas automatizada. Os dois dispositivos, interno e externo, são comandados por um controlador lógico programável com uma interface homem máquina incorporada para a comunicação entre o usuário e os dispositivos. As etapas de desenvolvimento do dispositivo são:

- ✓ Levantamento das dimensões da região do veículo onde se aloja o dispositivo mecatrônico;
- ✓ Projeto dos dispositivos em conformidade com as dimensões obtidas;
- ✓ Definição dos atuadores para os movimentos de rotação, translação para os dispositivos e dimensionamento dos amortecedores para o dispositivo externo;
- ✓ Simulação em “Cad” da movimentação dos dispositivos para verificação de eventuais colisões e da ergonomia;
- ✓ Definição dos elementos sensores de entrada de sinais;
- ✓ Definição do fluxo de controle;
- ✓ Elaboração do programa de controle e seus algoritmos;
- ✓ Elaboração da interface de simulação e telas do supervisório para simulação dos movimentos;
- ✓ Definição das rotinas e dos “tags” (elementos de vinculação entre controlador e supervisório) para o “software” supervisório;

O ponto de partida situa-se na definição do veículo que será utilizado como base para a colocação do dispositivo mecatrônico de transporte da cadeira automatizada, tanto do interior para fora do veículo, como de fora para o interior do veículo. Naturalmente o aspecto dimensional é fundamental nesta definição. O espaço interno no local de alojamento do condutor do veículo é fator determinante, assim como as características em três dimensões do acesso ao veículo, do posicionamento do volante em relação ao condutor e a altura do assoalho ao teto.

Veículos com espaço interno adequado como a Doblô da Fiat, a Berlingo da Citroën, a Partner da Peugeot, a Scenic da Renault, num padrão mais elevado, ou veículos similares das concorrentes, têm características muito próximas. Elas se referem ao espaço interno, o que torna o dispositivo mecatrônico passível de instalação em praticamente todos os veículos dessa linha, e de praticamente todos os fabricantes que atuam nesse mercado de veículos.

Consideradas estas características a disponibilidade do veículo e de equipamentos para o nosso estudo, adotamos como plataforma o veículo “Kangoo” da “Renault”, apenas como uma referência, e passamos a descrever teoricamente a ferramenta utilizada para a obtenção destas dimensões do veículo que definem o dispositivo mecatrônico de transporte interno e o espaço disponível para a cadeira de rodas automatizada.

3.1 Metodologia para obtenção de dimensões de estruturas

Utilizando conceitos da geometria descritiva plana aplicados para três dimensões do objeto, podemos levantar as características espaciais do veículo que servirá como plataforma para o desenvolvimento do projeto. As coordenadas na ferramenta de “software” são fornecidas no sistema cartesiano. O equipamento utilizado para este fim é o Braço Articulado Faro da *Mytutoyo*. Com um apalpador ativado por toque na estrutura, são transferidas as dimensões entre planos, entre pontos e planos entre retas e planos, entre retas e retos, digitalizando-se assim o espaço disponível no alojamento do condutor.

O equipamento funciona baseado na transmissão, com um “software” dedicado, das coordenadas cartesianas da ponta de prova localizada na extremidade de um braço mecânico articulado com seis graus de liberdade. Tais coordenadas são captadas por sensores de posição “encoders” instalados em cada uma das articulações do braço.

O software possui em seu algoritmo todo o equacionamento da geometria descritiva espacial, assim como as propriedades da geometria geral, figuras planas e sólidos geométricos. Isto permite a conversão das dimensões obtidas pelos movimentos rotativos das articulações em três eixos cartesianos.

O “software” transforma as coordenadas recebidas pelo braço articulado em um sistema cartesiano tridimensional, este “software” é dotado de recursos como “zoom”, rotação sobre um ponto fixo dentre outros, permite a visualização “on line” dos pontos tocados pela ponta de prova.

Todas as medidas exibidas (lineares, planas e volumétricas) são calculadas a partir das coordenadas de vários pontos localizados sobre retas e planos previamente definidos. Também é possível a reprodução, praticamente automática, de figuras planas e sólidos geométricos com a obtenção de toques da ponta de prova sobre a estrutura. Estes recursos permitem a obtenção rápida das dimensões com uma precisão de até 0,06 mm de peças simples e estruturas complexas, com os mais variados perfis e dimensões. Recursos como a exportação das medidas obtidas para “softwares” de projeto e engenharia, como “Autocad,” “Catia,” tornam-se possíveis por meio da digitalização de superfícies.

Diferentemente dos equipamentos de metrologia tridimensional convencionais que exigem que a peça ou componente vá até o equipamento de medição, o que pode ser inviável pelo porte da peça ou estrutura a ser medida, o Braço Articulado Faro pela sua portabilidade, tem uma maior versatilidade podendo ser fixado numa bancada próxima ao veículo a ser medido, o que o torna adequado ao escopo do nosso trabalho. A necessidade de se levantar as características dimensionais em três eixos do habitáculo do condutor do veículo remete a um processo de engenharia reversa.

Na Figura 21a ilustramos o Braço Articulado Faro, através de um esboço das suas articulações e a Figura 21b mostra a foto do braço articulado utilizado nas medições.

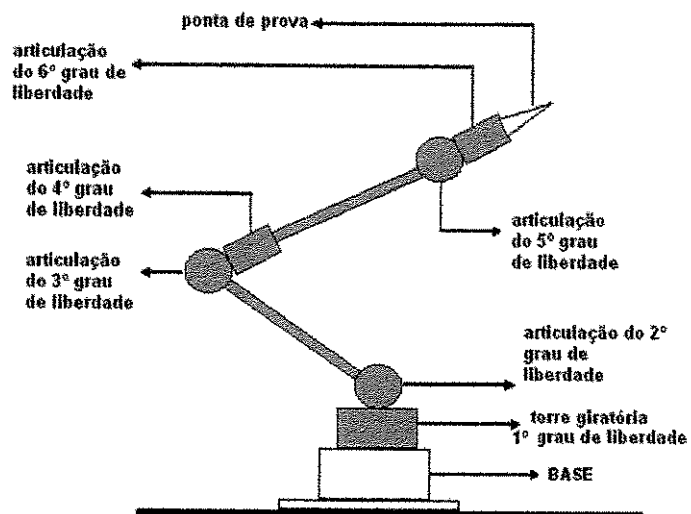


Figura 21a – Esboço das articulações do Braço de Medição Tridimensional Faro da Mitutoyo.

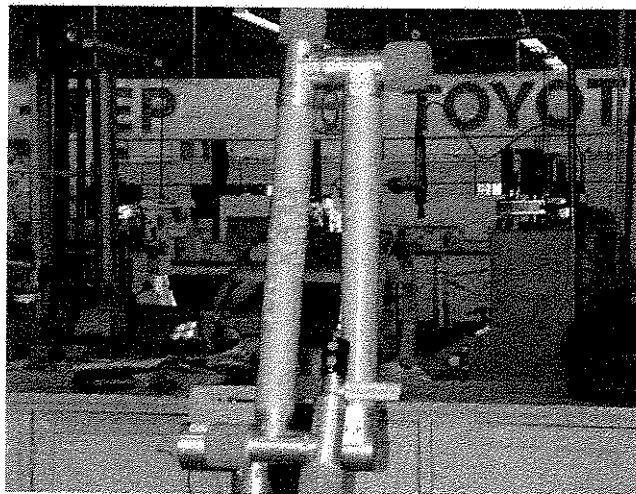


Figura 21b –Braço de Medição Tridimensional “Faro” da Mitutoyo.

Em cada articulação temos um “encoder,” que fornece a informação precisa do ângulo de rotação de cada articulação. Os comprimentos dos elos são conhecidos, o “software” converte estes dados obtidos pelos ângulos de rotação das articulações, aliados as translações que são vinculadas aos comprimentos dos elos, em pontos no espaço vinculado a três eixos cartesianos, gerando pontos, retas, planos, círculos e sólidos vinculados a esta referência. A partir dos ângulos

lidos, a modelagem cinemática direta, nos dá as informações relativas a posição e orientação do ponto no espaço.

Com esta ferramenta estaremos levantando, conforme será descrito no capítulo seguinte deste trabalho, o espaço tridimensional disponível no interior do veículo, assim como as distancias entre os pontos de fixação do dispositivo mecatrônico interno e a definição dos mesmos na plataforma veicular utilizada.

3.2 –Ferramenta de controle.

O elemento de controle a ser utilizado será o Controlador Lógico Programável (PLC). Algumas razões nos levam a escolher este equipamento como elemento de controle do dispositivo de transporte, dentre as principais podemos citar:

- hardware e/ou dispositivo de controle de fácil e rápida programação ou reprogramação;
- equipamento robusto com imunidades intrínsecas a ruídos e campos eletromagnéticos;
- sinalizadores de estado e módulos tipo plug-in de fácil manutenção e substituição;
- hardware ocupando espaço reduzido e apresentando baixo consumo de energia;
- possibilidade de monitoração do estado e operação do processo ou sistema através da comunicação com computadores; podendo vicular-se, em trabalhos posteriores à redes de comunicação veiculares, integrando o sistema de transporte interno do veículo que conduz a cadeira de rodas automatizada aos computadores de bordo;
- compatibilidade com diferentes tipos de sinais de entrada e saída;
- capacidade de alimentar, de forma contínua ou chaveada, cargas que consomem correntes de até 2 A, podendo ser energizado em 12 volts que são tensões convencionais em baterias usadas em veículos automotivos;
- hardware de controle que permite a expansão dos diversos tipos de módulos de acordo com a necessidade;
- custo de compra e instalação competitivo em relação aos sistemas de controle convencionais;
- possibilidade de expansão da capacidade de memória;

O primeiro CP (Controlador Programável) surgiu na indústria automobilística, que até então era um usuário dos relés eletromagnéticos utilizados para controlar operações sequenciadas e repetitivas num sistema automatizado. A primeira geração de CP's utilizou componentes discretos como transistores e Circuitos Integrados (CI's) com baixa escala de integração.

Este equipamento foi batizado nos Estados Unidos como PLC ("Programable Logic Control"), em português CLP (Controlador Lógico Programável).

Este termo é registrado pela Allen Bradley (fabricante de CLP's). Por esta razão usaremos o termo CP, Controlador Programável.

Segundo a ABNT, o CP é um equipamento eletrônico digital com "hardware" e "software" compatíveis com aplicações industriais. Desde o seu aparecimento até hoje, muita coisa evoluiu nos controladores lógicos, esta evolução é ligada diretamente ao desenvolvimento tecnológico da informática em suas características de "software" e de "hardware."

No seu surgimento o CP era confeccionado com componentes discretos. Hoje se utilizam microprocessadores e microcontroladores de última geração, usando técnicas de processamento paralelo, inteligência artificial, redes de comunicação, "fieldbus" (barramento de campo), que surge como uma proposta de padronização de sinais. Este barramento diminui sensivelmente o número de condutores usados para interligar os sistemas de controle aos sensores e atuadores, além de propiciar a distribuição da inteligência por todo o processo.

O controlador programável tem sua estrutura baseada no "hardware" de um computador, dispondo de uma unidade central de processamento (UCP), interfaces de entrada e saída e memórias.

As principais diferenças em relação a um computador comum estão relacionadas à qualidade da fonte de alimentação que possui boas condições de filtragem e estabilização, interfaces de entrada e saída, imune a ruídos e invólucro específico para aplicações industriais. Temos também, nos primeiros controladores programáveis o uso de um terminal de uso dedicado à programação do CP, atualmente utilizam-se "software" específico de cada fabricante, para a inserção do programa do usuário. O diagrama de blocos, da Figura 22, ilustra a

estrutura básica de um controlador programável, onde o terminal de programação evolui de terminais específicos para cada modelo de equipamento, para “software” de programação inserida em computadores pessoais, o que versatilizou e diminuiu o custo para o uso de controladores programáveis.

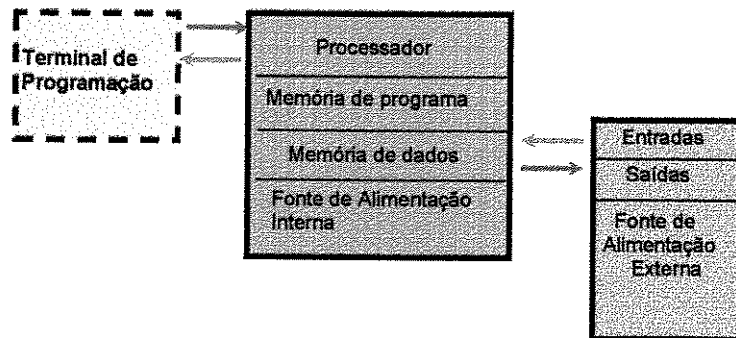


Figura 22 - Esboço da estrutura de um CP.

Dentre as partes integrantes desta estrutura temos:

- UCP(Unidade Central de Processamento);
- Memória;
- E/S (Entradas e Saídas);
- Terminal de Programação.

No âmbito deste trabalho utilizaremos o CP como o elemento que fará o sequenciamento e o intertravamento lógico, entre o dispositivo de transporte interno ao veículo, e o dispositivo externo que é a cadeira de rodas automatizada. O CP será responsável pelo comando da retirada da cadeira de rodas automatizada do interior do veículo, assim como a colocação da cadeira no seu interior quando ela estiver fora dele.

No capítulo 5 consta uma simulação com o sequenciamento do dispositivo interno de transporte através de um “software” supervisor que utiliza modelos dos dois dispositivos , interno (dispositivo de transporte) e externo (cadeira de rodas automatizada) projetados em “AUTOCAD” e testados, em termos de ergonomia e dimensões, que irá trabalhar com os dois modelos e as dimensões do veículo coletadas por meio do Braço de Medição Articulado. O CP

conterá o programa de sequenciamento que irá receber comandos do usuário.

O objetivo da metodologia descrita nos parágrafos anteriores é de fornecer subsídios para posteriormente se construir o dispositivo e utilizar os programas e os equipamentos desenvolvidos neste estudo.

3.3 Ferramenta para simulação do sequenciamento

O uso de um “software” supervisorio neste trabalho tem o objetivo de simular o sequenciamento dos dispositivos externo (cadeira de rodas automatizada) e interno (dispositivo de transporte), além de vincular a lógica de comando, inserida no Controlador Lógico Programável, aos dispositivos, que por hora serão simulados pelo “software” de supervisão, pois o objetivo para um próximo trabalho é construir efetivamente os dispositivos e interligá-los fisicamente, ou seja, lógica de controle e dispositivos interno e externo.

O “software” de supervisão é um “software” para a criação de aplicativos de supervisão e controle de processos nas mais diversas áreas. Oferece um alto desempenho, aliado a novos e poderosos recursos que facilitam a tarefa de desenvolvimento da sua aplicação. Para a criação de aplicativos de supervisão e controle nas mais diversas áreas, uma solução é a utilização desta ferramenta denominada no inglês de “SCADA” (Supervisory, Control and Data Acquisition System) que supervisiona, controla e faz a aquisição dos dados dos sistemas de automação. Esta ferramenta é normalmente configurável pelo usuário, permitindo monitorar variáveis físicas de campo. Além disto, as variáveis do processo podem ser visualizadas de forma gráfica, permitindo em tempo real, uma fácil e rápida compreensão do que está acontecendo no campo ou no dispositivo físico.

Com o objetivo de visualizar, monitorar e trocar dados, os vários objetos de tela que podem ser configurados pelo usuário, e enviar ou receber informações dos equipamentos de aquisição de dados, através de pontos de ajuste “Setpoints,” réguas “Sliders” ou botões. A ferramenta é acessível, amigável e totalmente flexível. Por isso é a ferramenta ideal para a automação, pois elimina a necessidade de soluções dedicadas que se caracterizam por ser demoradas e caras, garantindo flexibilidade, eficiência e qualidade na supervisão e controle do processo ou dispositivo.

O usuário acessa todos os elementos do sistema e suas propriedades navegando em uma árvore hierárquica que fornece uma visão geral do aplicativo, organizando naturalmente o trabalho de configuração e documentação. O usuário pode modificar qualquer parâmetro da aplicação em tempo de execução, já que todos os atributos de objeto são abertos ao usuário, desde um limite de alarme ou nome de arquivo até a cor e posição de um objeto na tela. O “software” permite a edição, através da ferramenta de configuração on-line, onde se altera o aplicativo sem a necessidade de interromper a execução.

A criação da interface com o usuário é feita através de recursos que estão disponíveis na ferramenta como, animações, displays, botões, gráficos de tendência (linhas, área, barras, XY, etc.) e outros, que são ligados diretamente com as variáveis de campo denominadas “Tags” ou etiquetas. Também podem ser utilizados desenhos de qualquer editor gráfico. Além disso, a ferramenta conta com uma extensa biblioteca gráfica de desenhos, de modo a facilitar a criação de telas. O usuário ainda pode escolher entre utilizar o mouse, teclado ou “touchscreen,” tela sensível ao toque, para operar o sistema de supervisão.

Na aplicação específica relacionada a este trabalho, utilizaremos os desenhos editados em AUTOCAD que estarão compondo de forma seqüencial a movimentação do dispositivo interno de transporte e do dispositivo externo, a cadeira de rodas automatizada, controlados pela lógica implementada no CP.

A ferramenta utilizada neste trabalho para simulação do sequenciamento dos dispositivos pode trocar dados de várias formas com equipamentos de aquisição de dados, tais como PC's (caso específico deste trabalho), DAC's (Cartões de Aquisição de Dados), RTU's (Unidades Remotas), controles e outros tipos de equipamentos. O “software” selecionado será o “Eclipse Scada,” que é um produto nacional e possuiu atributos similares aos produtos do mercado internacional. Na Figura 23 encontra-se ilustrada a tela de edição do “software” selecionado, com um esboço do dispositivo interno comandado por uma chave para comando do avanço e retorno do dispositivo.

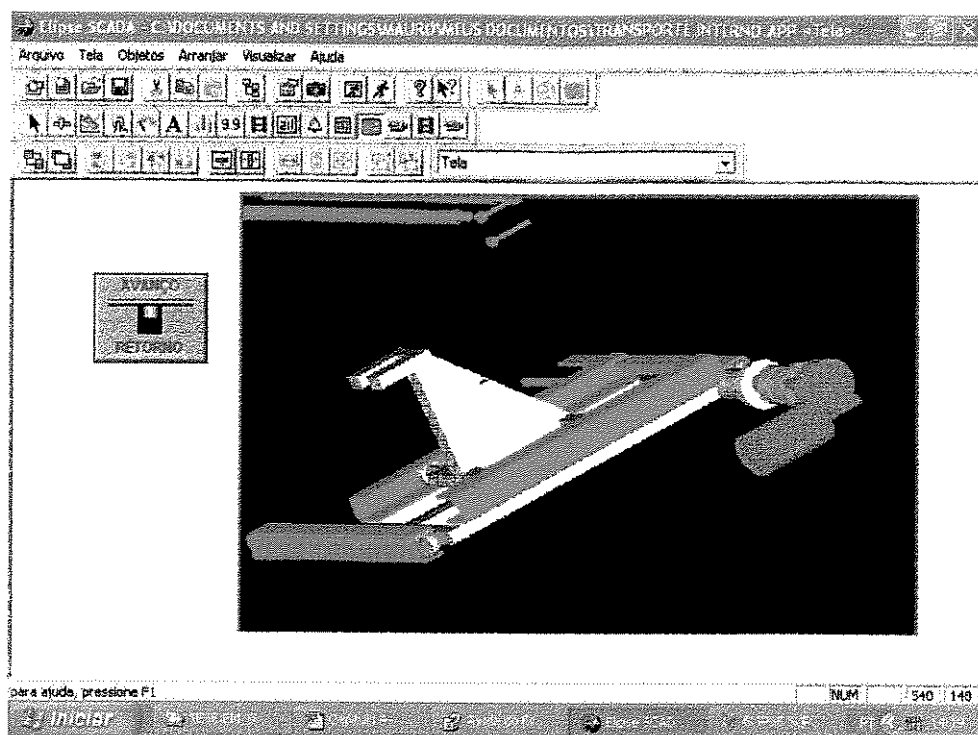


Figura 23 – Tela de edição da Ferramenta de Simulação para a Sequência de Movimentos.

O “software” supervisorio trabalha com telas que são configuradas pelo usuário conforme sua conveniência, como ilustrado na Figura 23. As propriedades gerais da tela são utilizadas para configurar especificações e informações referentes à mesma.

A estrutura para criação e organização do aplicativo que se deseja implementar no “software” supervisorio tem com base o chamado “organizer,” que pode ser comparado à árvore de diretórios do gerenciador de arquivos do “Windows.” Através dele, é possível uma visão simples e organizada de toda a aplicação, ajudando na edição e configuração de todos os objetos envolvidos no sistema numa árvore hierárquica de opções.

Desta forma, a estrutura da aplicação começa com a raiz da aplicação. Todos os objetos da aplicação descem a partir da raiz, agrupados de acordo com o seu tipo: “Tags”, Telas, Alarmes, Receitas, Históricos, Relatórios, “Drivers,” “Databases;” que se constituem nos principais

elementos de sua aplicação. Selecionando-se qualquer um dos ramos da árvore da aplicação, o mesmo irá se expandir, mostrando seu conteúdo. Desta forma, pode-se facilmente navegar pela aplicação, sendo assim, possível todas as opções de configuração, desde a criação de “Tags” até o redimensionamento de objetos em uma tela específica.

A partir do “organizer,” pode-se criar toda a aplicação através da navegação na árvore da aplicação. No **anexo III** é colocado um detalhamento sobre esta ferramenta de supervisão utilizada neste trabalho. Selecionando-se qualquer um dos seus ramos, a propriedade do objeto selecionado será mostrada no lado direito da janela, onde poderá ser editada.

Neste trabalho o “Software Supervisor” tem um papel importante, pois além de demonstrar a consistência da lógica de controle, mesmo sem os dispositivos físicos estarem construídos, ele faz a simulação da sequência mediante o comando do CP e a demonstração virtual de como ficará o sequenciamento depois de implementado.

Em capítulo posterior será descrito de forma detalhada a confecção do aplicativo utilizando os modelos construídos para os dispositivos interno e externo, além da conexão com a lógica de controle do CP.

3.4 Ferramenta de Simulação computacional para projeto e análise virtual de sistemas eletromecânicos

A ferramenta de “software” que será utilizada na concretização deste trabalho, numa etapa posterior, que inclui para simulação computacional em relação à ergonomia e análise estrutural será o “CATIA.” Este “software” é uma ferramenta que integra o “CAD,” desenho assistido por computador, o “CAE”, engenharia assistida por computador e o “CAM,” que é a manufatura assistida por computador.

Estas ferramentas de “software” se integram e permitem que o “CATIA” seja utilizado em aplicações onde se tem a digitalização do produto, sua definição estrutural em três dimensões com a possibilidade de diversas simulações da dinâmica, verificando os esforços e a possibilidade de fadiga dos materiais e estruturas no campo virtual, integrando assim profissionais de projetos, ferramentas, métodos e recursos. Com esta ferramenta é possível gerenciar o ciclo de vida de produtos provendo soluções para o desenvolvimento integrado de novos produtos. A elaboração

de desenhos preliminares é facilitada pela fácil integração das partes que comporão os desenhos de conjunto, aliado à possibilidade da análise estrutural do conjunto. Estas e outras características permitem que esta ferramenta seja utilizada na indústria automotiva, aeroespacial no desenvolvimento de produtos da área eletroeletrônica, no desenvolvimento de novas patentes, pois se trata de uma ferramenta de engenharia.

A Figura 24 mostra a tela do CATIA, a título de ilustração, com uma peça que faz parte de um conjunto, que será montado através do “software.”

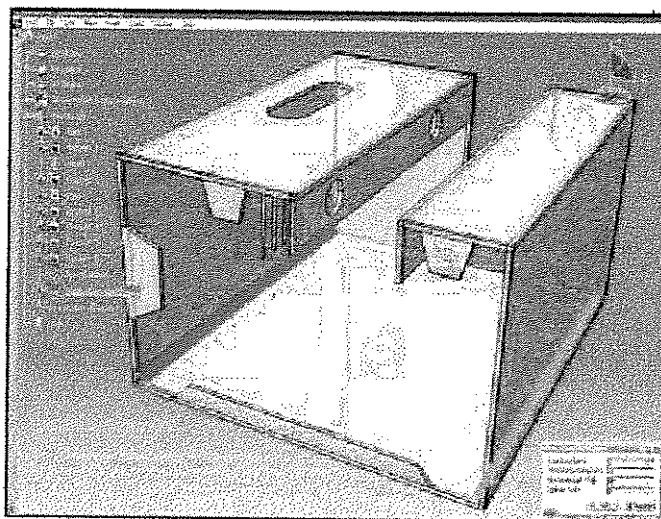


Figura 24 -Tela do CATIA (CD de demonstração do “software”)

Portanto esta ferramenta se presta a simulações, estudos da cinemática do sistema, desenho da superfície de contorno de estruturas ou peças, construção de moldes de injeção, desenhos industriais em geral, simulação de protótipos, formulação de estilo, montagem de sistemas, modelagem virtual, simulação de movimentos, análise de estresse de estruturas e peças, execução de superfícies com alto grau de fidelidade.

3.5 Redes de comunicação veiculares

Na década de oitenta iniciou-se de forma mais sistemática a inclusão da eletrônica embarcada nos veículos automotivos no Brasil. Mais precisamente em 1983 o platinado passou a ser substituído pela ignição eletrônica. A ignição eletrônica evolui em 1988 para a injeção

eletrônica. O vetor que compõe no sentido de se utilizar a eletrônica no controle dos motores a combustão interna é a redução da poluição ambiental.

A constatação de que a grave poluição ambiental verificada nos grandes centros urbanos era causada predominantemente pelos poluentes atmosféricos gerados na queima de combustíveis em veículos automotores, gerou a necessidade de se criar um programa nacional que contemplasse o controle das emissões atmosféricas de origem veicular, esta idéia começou a tomar corpo no início dos anos oitenta.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) criou, em 1986 o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores-PROCONVE. Este Programa foi bem aceito e elogiado por todos os segmentos envolvidos, inclusive a nível internacional, como um dos mais bem elaborados para o controle de emissão em fontes móveis.

Em 1988 surgem no Brasil os primeiros modelos saídos de fábrica com injeção eletrônica, a partir de 1992 praticamente todos os modelos saiam de fábrica com a injeção eletrônica incorporada. A redução dos níveis de emissão de poluentes nos veículos automotores vem incentivar o desenvolvimento tecnológico nacional, tanto na engenharia automotiva, como em métodos e equipamentos para a realização de ensaios e medições de poluentes.

Em 1992 surgem os primeiros modelos com o sistema de freio ABS ("Antilock Brake System") sistema de antitravamento dos freios. Incorporado em 1996, a Fiat lança seu modelo com imobilizador, onde na chave de ignição existe a leitura de um código que habilita, eletronicamente, a partida do motor, a partir de 1998 surge no Brasil a multiplexagem sobre a qual teceremos algumas considerações, pois nosso sistema de transporte do indivíduo com deficiência, colocando-se uma perspectiva futura, poderá se interligar aos módulos eletrônicos que compõe estas redes para intertravamentos lógicos de segurança que atuarão no sentido de preservar a integridade do usuário.

Em 2002 surgem modelos com a direção eletrônica e a suspensão ativa. Vê-se, portanto que a eletrônica embarcada tende a ser uma característica cada vez mais presente nos veículos. A eletrônica embarcada substitui em escala cada vez maior, dispositivos mecânicos que, por

questões de segurança, há alguns anos atrás seriam considerados insubstituíveis e hoje estão disponíveis nos modelos que se encontram à venda nas concessionárias.

Como foi frisado anteriormente a multiplexagem terá uma atenção neste momento, pois ela poderá se constituir num aspecto importante para o nosso dispositivo de transporte do indivíduo com deficiência. Nosso controlador poderá, no mínimo, enviar sinais de liberação de movimentos para módulos de comando do veículo. Este envio de sinais poderá ser feito através de sinais multiplexados, caso os fabricantes se sensibilizem e incorporem ao seu veículo a possibilidade de uma comunicação, através de seu protocolo proprietário, com o processador que controla o dispositivo de transporte ou através de sinais que o nosso processador envia aos pontos de entrada dos módulos veiculares.

Eventualmente o próprio processador de controle do dispositivo de transporte poderá, numa perspectiva futura, ser especificado pela montadora. Ele terá um protocolo de comunicação comum, sem a necessidade de abrir seu protocolo de comunicação, o que normalmente não se constitui numa diretriz interessante para as montadoras. Nosso objetivo fundamental é criar caminhos que tecnologicamente, abram possibilidades de autonomia aos que não a possuem.

A multiplexagem nos veículos consiste numa forma de comunicação de dados que visa controle dos diversos equipamentos eletroeletrônicos que passaram a existir nos veículos, a partir da crescente aplicação da eletrônica embarcada. A multiplexagem faz a troca de "Frames" ou trens de pulsos que carregam informações segundo uma convenção pré-estabelecida denominada "protocolo" de comunicação. Na Figura 25 temos uma ilustração da solução clássica para troca de informações entre equipamentos.

Na figura 26 vemos ilustrada a forma multiplexada de trocar informações entre os equipamentos, onde através do "Bus" com dois fios, circulam todas as informações. Naturalmente nesta filosofia, há de se organizar a comunicação através da priorização no envio e recebimento de informações, isto se faz através do estabelecimento dos chamados "protocolos de comunicação".

Solução Clássica

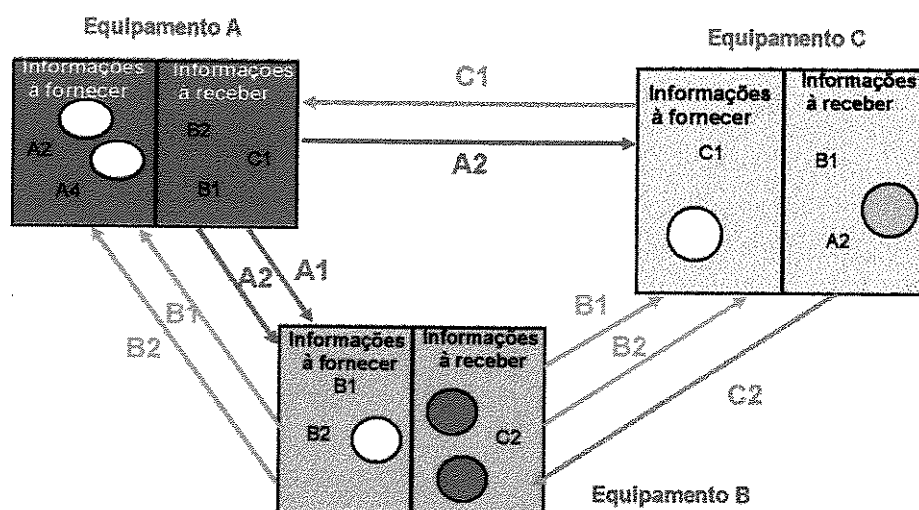


Figura 25 – Solução Clássica para troca de informações entre equipamentos (Peugeot/Citröen).

Solução Multiplexada

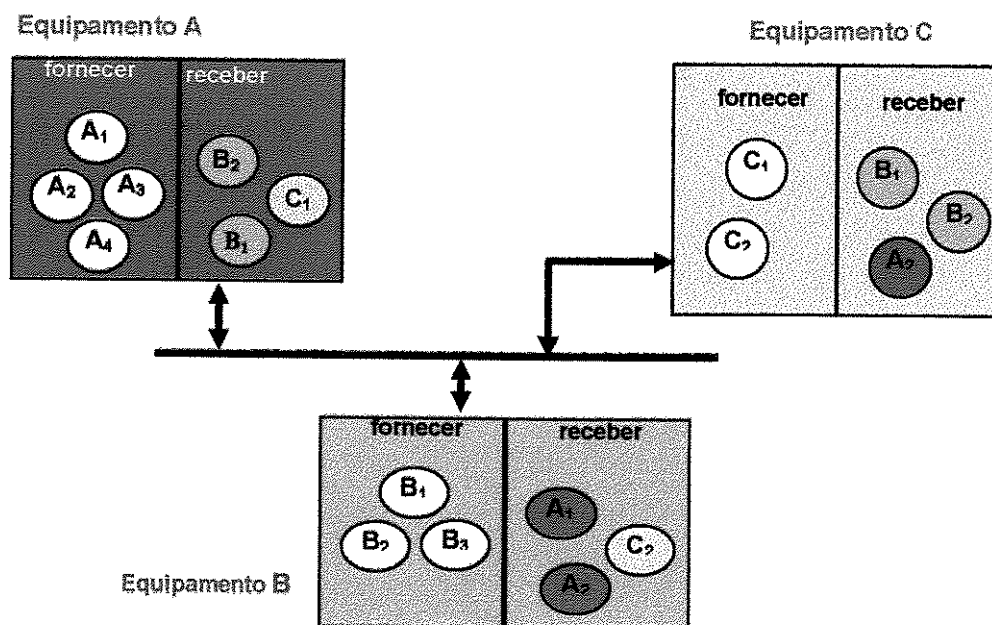


Figura 26- Forma multiplexada de trocar informações (Peugeot/Citröen)

Os protocolos utilizados na multiplexagem em veículos são o VAN (Vehicle Area Network) Rede de Comunicação Veicular e o CAN(Controller Area Network) Rede de Controle Veicular.

As redes veiculares geram, na concepção dos veículos automotivos, algumas vantagens que fazem com que a utilização desta arquitetura de controle e comunicação já não possa mais ser dissociada da construção dos veículos modernos. Entre diversas vantagens podemos citar a simplificação dos chicotes aliada ao aumento no número de funções de automação disponíveis ao usuário tanto no aspecto de conforto como nos aspectos de segurança e dirigibilidade.

Em seguida serão colocados alguns aspectos da arquitetura destas redes baseados em informações gentilmente cedidas pela Peugeot/Citröen do Brasil em material publicado em 2002.

Os fabricantes denominam de calculadores os sistemas microprocessados, que em automação costumamos chamar de processadores.

Como estamos tratando de uma área específica, ou seja, Eletrônica Embarcada em Veículos Automotivos, respeitaremos a terminologia utilizada pelo fabricante. Portanto, onde se fala em calculador podemos entender como processador sem nenhum prejuízo da interpretação da função do equipamento no âmbito do veículo.

Os veículos modernos estão equipados com três tipos de redes que funcionam dirigidas a funções específicas. Nas redes multiplexadas trafegam trens de pulsos que são denominados "Frames." Eles são gerados pelo calculador central denominado CSI (caixa de serviço inteligente). Este calculador gerencia os dados enviados para uma rede CAN e para dois tipos de redes VAN, o que totaliza as três redes citadas. A CSI é composta por relés, fusíveis, tomada de diagnóstico, microcontrolador específico que faz a gestão das funções básicas de forma autônoma. Contém uma memória não volátil com o código para proteção anti-roubo. Todas as rotinas são gerenciadas por um programa que se incumbem de fazer a lógica de controle. Contém também o sistema de diagnóstico de falhas, memorizando-as num espaço de memória específico. A rede CAN interliga os calculadores do grupo de propulsão, ou seja, o calculador que controla os parâmetros e o comando do motor e o calculador que controla os parâmetros e o comando da caixa transmissão automática, quando ela existir no veículo.

Uma característica fundamental nesta rede CAN é a velocidade de comunicação elevada, igual a 250 Kbits/s, isso permite ao sistema veicular reagir rapidamente a qualquer evento que esteja ocorrendo na pista de rolagem onde o veículo trafega. A rapidez no processamento, tratamento e envio das informações pela rede, torna mais segura a condução do veículo.

A Figura 27 ilustra uma rede CAN num veículo da Peugeot/Citrôen envolvendo a caixa de serviço inteligente (CSI), o calculador do motor e o calculador da caixa de velocidade automática. Os números que aparecem nas figuras seguintes referem-se aos módulos específicos da Peugeot/Citrôen.

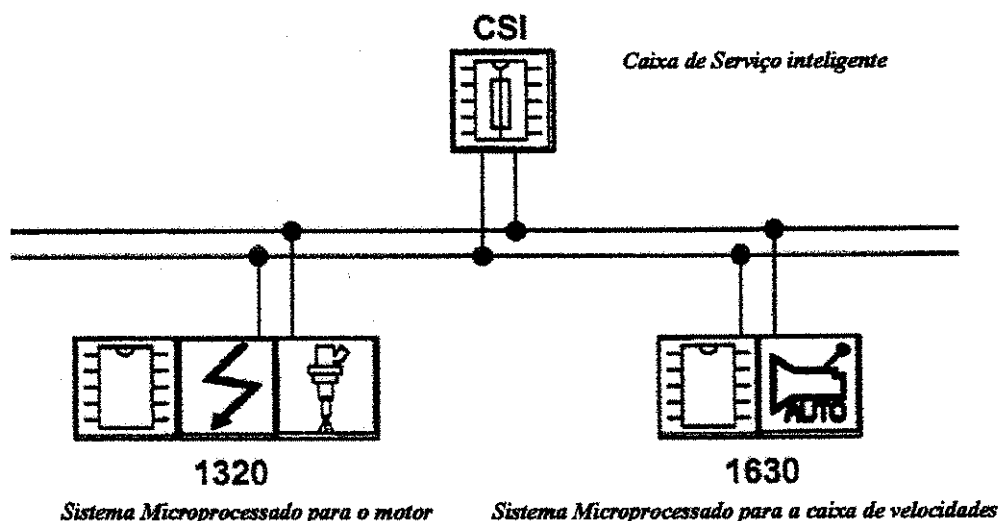


Figura 27- Rede CAN de um veículo Peugeot/Citrôen

Além da CAN de controle da propulsão, temos as redes VAN de carroceria e a rede VAN de conforto, totalizando as três redes. A rede VAN de carroceria liga o CSI ao alarme antiintrusão com uma taxa de transferência igual a 62,5 Kbits /s, inferior à da rede CAN. A Figura 28 ilustra o esquema de uma rede VAN de carroceria.

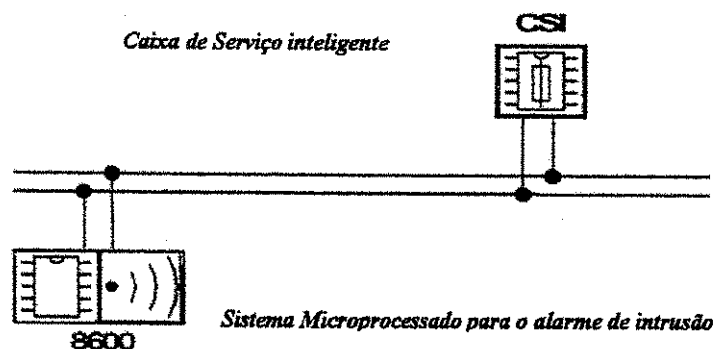


Figura 28- Rede VAN de Carroceria de um veículo Peugeot/Citröen.

A rede VAN de conforto faz a gestão das funções de conforto e das informações destinadas ao condutor para subsidiar sua condução segura do veículo, esta rede interliga os computadores dos equipamentos do habitáculo do veículo como o “display” multifunção, as informações de painel de bordo, do auto-rádio e da climatização.

A rede VAN de conforto é uma rede “multi-mestre,” onde cada computador difunde suas informações continuamente. Estas informações são capturadas pelos computadores que delas necessitem numa taxa de transferência de 125 Kbits/s. A Figura 29 ilustra a arquitetura de uma rede VAN de conforto de um veículo da Peugeot/Citröen.

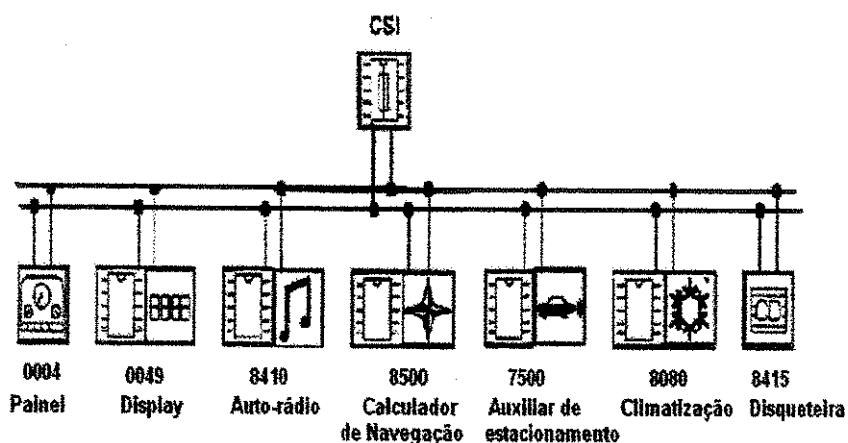


Figura 29- Rede VAN de conforto de um veículo da Peugeot/Citröen

A Figura 30 mostra uma caixa de serviço do motor que está sob as ordens da caixa de serviço inteligente-CSI, via rede VAN. O número "1" na figura aponta para o módulo que contém os fusíveis, o número "2" indica o módulo que integra o circuito impresso eletrônico com os componentes do "hardware" e relés. O número "3" contém a etiqueta de identificação da caixa de serviço em questão.

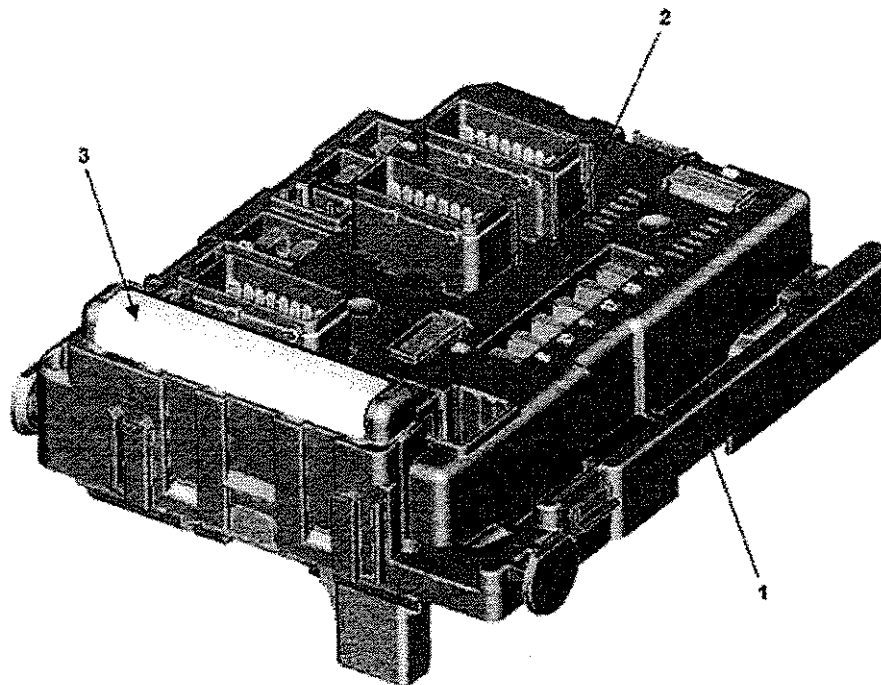
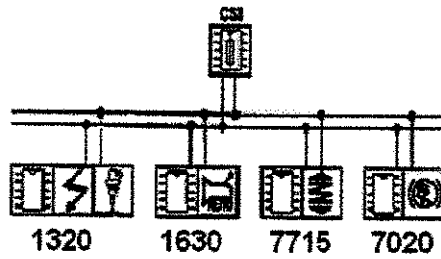


Figura 30- Caixa de serviço de um motor Peugeot/Citröen.

A Figura 31 mostra a arquitetura de uma rede CAN de um veículo da Peugeot/Citröen, contemplando a caixa de serviço inteligente, o calculador da caixa de velocidades, um calculador de suspensão e o calculador de ABS. A distribuição dos equipamentos na plataforma veicular é ilustrada num esboço do veículo.

Arquitetura da rede CAN



LEGENDA	
CSI	Caixa de Serviço inteligente
1320	Calculador do Motor
1630	Calculador da Caixa de velocidades automática
7715	Calculador da Suspensão
7020	Calculador do ABS

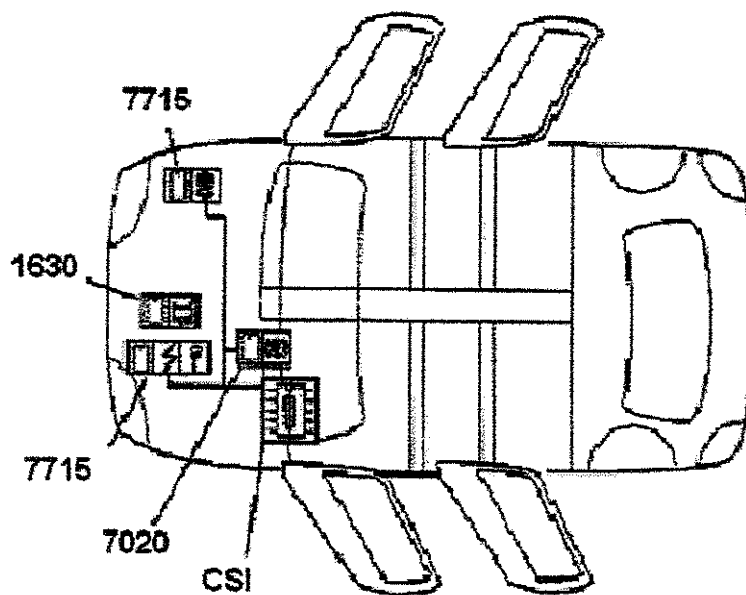


Figura 31- Arquitetura de uma rede CAN de um veículo da Peugeot/Citröen.

Como já foi descrita, a rede VAN se encarrega de tarefas relacionadas à segurança em relação ao furto do veículo e aos aspectos de conforto. A Figura 32 ilustra a distribuição de uma rede VAN num veículo da Peugeot/Citröen.

Arquitetura da rede VAN de conforto

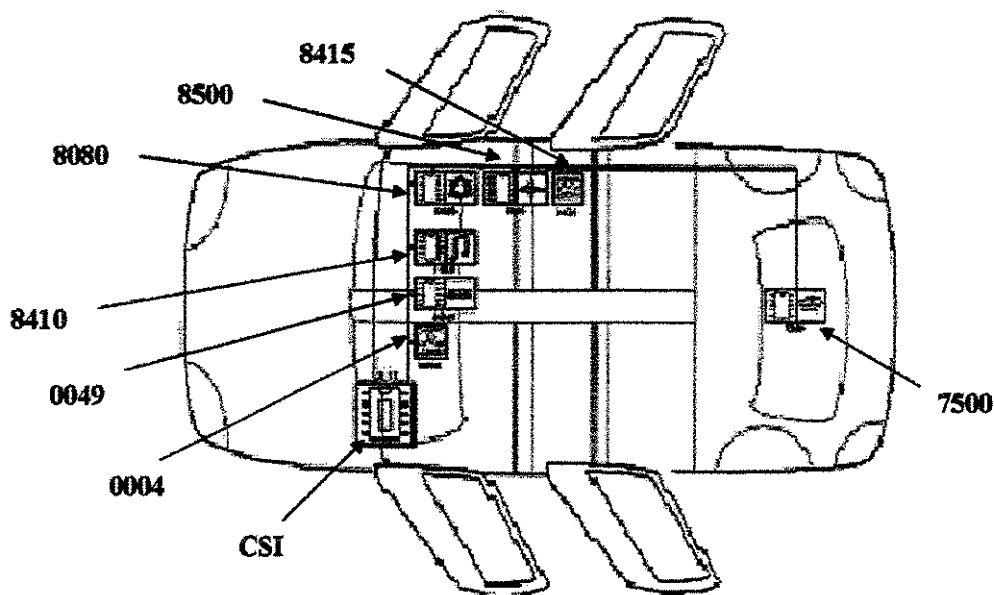
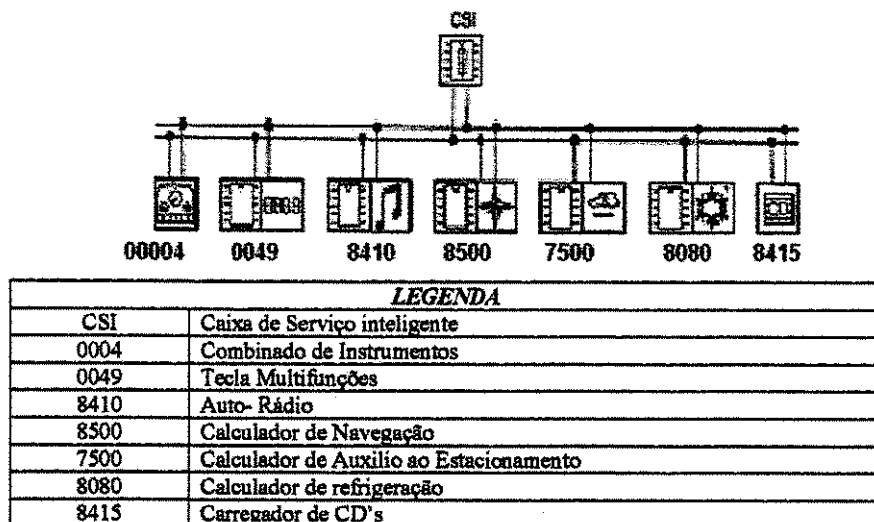


Figura 32- Rede VAN num veículo da Peugeot/Citröen.

3.6 Conclusões finais do capítulo

Todas as ferramentas descritas definem o contexto técnico em que este trabalho se desenvolve, daí a necessidade da descrição feita neste capítulo de cada uma delas.

Ao utilizar-se o “Braço Articulado de Medição tridimensional da Mitutoyo” se obtém o dimensional do veículo que servirá de base para o desenvolvimento dos outros dispositivos, este procedimento de medição será descrito no capítulo seguinte de forma mais detalhada.

A breve descrição do equipamento escolhido como elemento de controle dá subsídios para que no próximo capítulo possamos implementar nele a lógica de controle que será utilizada no sequenciamento do dispositivo de transporte interno e a vinculação com o dispositivo externo, a cadeira de rodas automatizada.

A ferramenta de engenharia, o “Catia”, já descrita nos seus aspectos básicos, nos permitirá a simulação de interferência nos movimentos, assim como uma análise estrutural dos dispositivos nas partes críticas em termos de esforços mecânicos. Esta ferramenta nos dará também informações sobre as condições de ergonomia, garantindo ao usuário uma condição segura e confortável na condução do seu veículo com a autonomia desejada.

Com relação às redes de comunicação veiculares, fica a observação da possibilidade de integração do dispositivo interno de transporte e do dispositivo externo, a cadeira de rodas automatizada, com os módulos de controle dos veículos existentes no mercado, tornando este equipamento de auxílio ao indivíduo com deficiência, parte integrante da eletrônica embarcada do veículo. Para isto existe a necessidade de uma sensibilização das montadoras neste sentido.

Assim este capítulo coloca as ferramentas principais que subsidiam o desenvolvimento do dispositivo mecatrônico para acessibilidade, ergonomia e mobilidade em veículos automotivos para portadores de necessidades especiais, com a expectativa de poder contribuir com uma perspectiva de autonomia na rotina de ir e vir aos que podem através desta possibilidade, ter sua auto-estima elevada, na esperança de poder desenvolver suas atividades com maior independência, contribuindo com o crescimento da comunidade onde estão inseridos.

Capítulo 4

Desenvolvimento do dispositivo mecatrônico de acessibilidade e mobilidade.

Neste capítulo serão apresentados os dispositivos internos de transporte e o externo modelados em “CAD.” A simulação virtual da sequência de movimentos será vinculada à lógica de comando programada no CLP, cujo programa será desenvolvido em capítulo posterior. Da mesma forma, será feita como a concatenação com o “software” supervisor para visualização desta simulação com a movimentação dos modelos desenvolvidos. Naturalmente a sensorização será descrita para a articulação dos movimentos dos dispositivos externo e interno condicionando-os à sequência pré-estabelecida.

Para a definição do veículo que será utilizado como base para a colocação do dispositivo mecatrônico de transporte da cadeira automatizada, leva-se em conta principalmente o espaço interno disponível. Assim sendo poderão ser veículos com espaços internos similares ao da “Kangoo” da “Renault,” podendo ser aplicado em veículos similares no país (Doblô da Fiat, Berlingo da Citroën, ou numa outra linha, a Scenic da Renault, Picasso da Citroën, Zafira da GM e similares).

Passamos agora a descrever de forma mais específica a metodologia de medição do habitáculo do Kangoo, utilizando o Braço Articulado Faro da Mitutoyo para medição tridimensional. Este é o veículo que está à nossa disposição para este trabalho de medição e definição do espaço interno típico disponível nesta linha de veículos. De fabricante para

fabricante existem pequenas diferenças de espaço interno e acesso ao veículo, mas nada que inviabilize a adaptação do dispositivo mecatrônico para acessibilidade e mobilidade.

Na Figura 33 vemos o veículo que servirá de base e o banco do condutor que será removido para proceder-se às medições dos trilhos de fixação do banco que servirá de base para o dispositivo interno de transporte.



Figura 33 – Veículo Kangoo da Renault (banco do condutor a ser removido).

4.1 Obtenção das dimensões veiculares na área de alojamento do condutor, com Braço Articulado de Medição

Como foi apresentado no capítulo anterior, o equipamento funciona baseado na transmissão das coordenadas cartesianas a um “software” dedicado. A ponta de prova localizada na extremidade de um braço mecânico articulado com seis graus de liberdade faz o trabalho de apalpar o objeto a ser medido. Tais coordenadas são captadas por sensores de posição “encoders”, instalados em cada uma das articulações do braço. Nas Figuras 34 e 35 temos fotos do processo de medição onde se visualiza o veículo e o braço articulado de medição Faro da Mitutuyo.



Figura 34- Processo de medição com Braço Articulado Faro.



Figura 35- Braço articulado e localização dos trilhos de fixação.

O “software” do braço articulado é o Antrocam. Esta ferramenta executa os cálculos através de algoritmos implementados em “software” calculando distâncias entre planos, pontos, retas, círculos e sólidos diversos através do apalpador.

Na Figura 36 vemos a tela do “software” utilizado pelo Braço Articulado onde são editados as entidades obtidas através do apalpador. Nesta tela estaremos definindo planos, retas e pontos, para os quais fixaremos o dispositivo de transporte interno que, além de fazer o traslado tanto de fora para dentro quanto de dentro para fora do dispositivo externo (cadeira de rodas automatizada), também será responsável pela fixação do dispositivo externo no interior do veículo. Assim sendo, a medição das distâncias entre os trilhos de fixação do banco do condutor, a sua localização relativa ao acesso ao veículo, assim como suas posições relativas ao volante, constituem-se a plataforma de onde se poderão dimensionar os dois dispositivos, tanto o interno como o externo.

Para definição da origem do sistema cartesiano, tomamos como referência um dos parafusos de fixação do trilho do banco do condutor. Este parafuso será denominado de “P1,” ele é o parafuso mais próximo ao volante, ou seja, se localiza no trilho de fixação direito, tomando-se como referência a posição do condutor do veículo. Será identificado como parafuso anterior do trilho direito. Na cabeça do parafuso anterior do trilho direito será definido um plano, que denominaremos “plano α ”, neste plano está definido o centro da cabeça do parafuso, definido pelo apalpador, dele partirá uma reta na direção do trilho direito de fixação. Na Figura 36 temos identificado o plano α , a origem do sistema cartesiano na tela do “software” Antrocam.

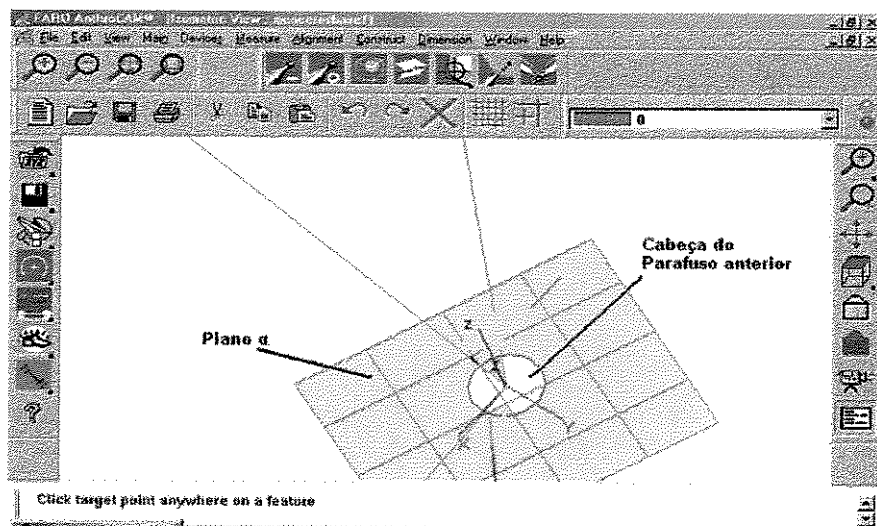


Figura 36- Definição da Origem do Sistema.

Na Figura 37 temos a foto correspondente deste procedimento onde o apalpador faz a identificação do ponto de origem do sistema cartesiano.



Figura 37- Localização do ponto de origem do sistema.

O parafuso posterior do trilho direito "P2" é coplanar ao parafuso "P1," portanto não será definido um outro plano. A distância calculada pelo software é de 307,84 mm conforme mostra a

Figura 38 que contém a medição da distância entre os parafusos do trilho direito, tendo sempre como referencia o banco do condutor.

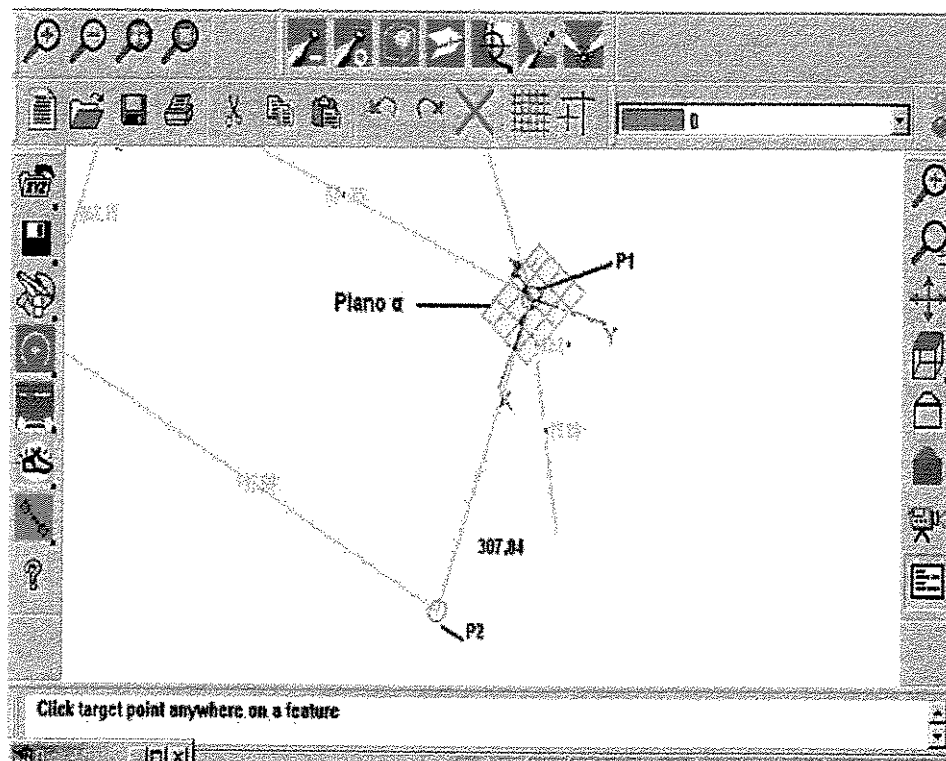


Figura 38- Distância entre parafusos do trilho direito.

Na Figura 39 o “software” determina as distâncias entre a cabeça do parafuso “P1” e o assoalho do carro, definido pelo “plano β” que situa-se no corpo do trilho esquerdo, onde também está fixado o parafuso anterior deste trilho “P3.”

A distância ortogonal entre a cabeça do parafuso anterior do trilho direito “P1” e o assoalho do veículo definido pelo plano “plano β” onde encontramos o parafuso “P3” é de 112,04 mm. este valor mostra uma diferença de cota entre os dois trilhos, pois o trilho direito é colocado acima do túnel do conduto de escape de gases do motor, considerando-se que o motor deste veículo é colocado na dianteira. É importante determinar a distância dos pontos de fixação do dispositivo de transporte ao solo que, na tela, é definido pelo “Plano γ.” Esta distância é de 475,80 mm.

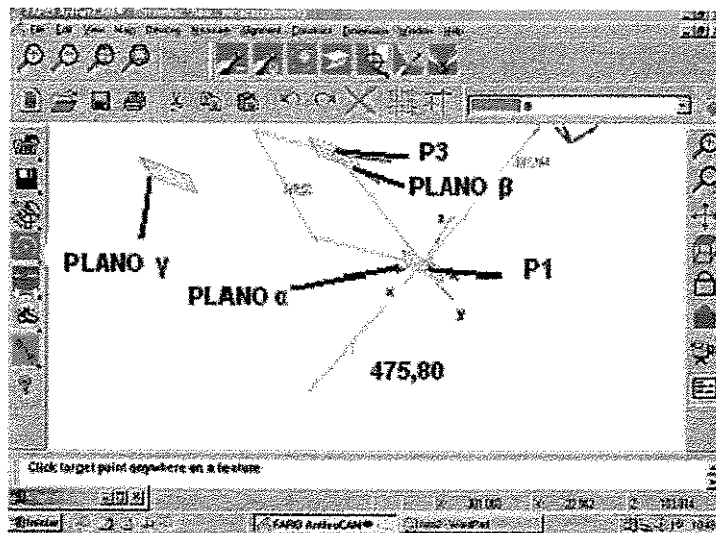


Figura 39- Medição de distâncias entre planos α , β , γ .

Na Figura 40 vemos determinada as distâncias entre os parafusos anteriores do trilho direito “P1” no “plano α ” e “P3” no “plano β ”, assim como as distâncias entre os parafusos posteriores dos trilhos direito “P2” e esquerdo “P4.”

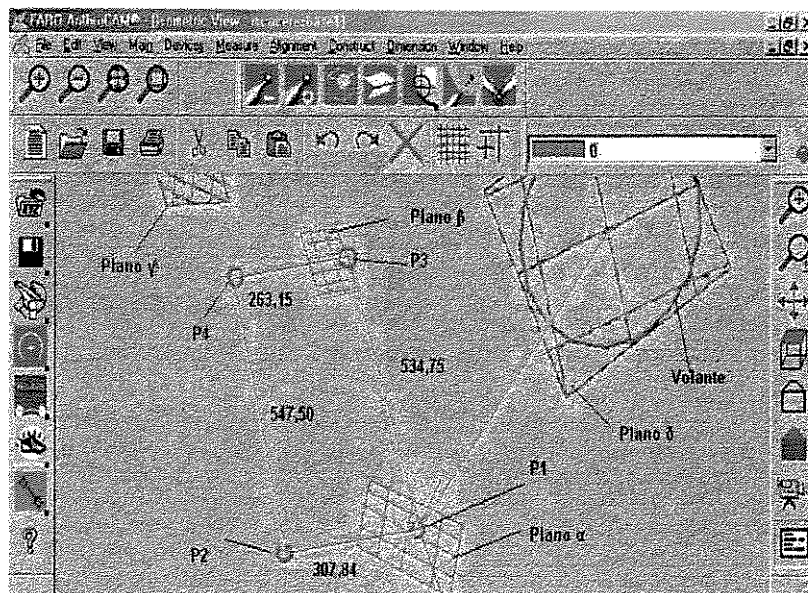


Figura 40-Distâncias entre os quatro parafusos de fixação dos trilhos.

Portanto através do Braço Articulado temos as seguintes medidas:

$$\overline{P1 P2} = 307,84 \text{ mm}$$

$$\overline{P3 P4} = 263,15 \text{ mm}$$

$$\overline{P1 P3} = 534,75 \text{ mm}$$

$$\overline{P2 P4} = 547,50 \text{ mm}$$

Podemos observar que existe uma diferença entre o trilho direito para o trilho esquerdo de 44,69 mm entre os comprimentos dos mesmos e uma diferença de 12,75 mm entre as distâncias dos parafusos $\overline{P1 P2}$ e $\overline{P3 P4}$. Logo constata-se que construtivamente não existe um paralelismo entre os trilhos.

O Braço Articulado se mostra uma ferramenta importante no levantamento das medidas dos trilhos e de sua posição relativa no interior do veículo e entre eles. Sem esta ferramenta, o levantamento prático destas medidas passaria por um processo bem mais trabalhoso.

A distância entre o “plano α ” e o “plano γ ,” ou seja entre o plano onde está fixado o parafuso “P1” e o solo é de 475,8 mm. Esta medida serve de base para a elevação da cadeira de rodas automatizada, necessária para o nivelamento da base da cadeira em relação ao dispositivo interno de transporte.

A Figura 41 mostra o distanciamento entre o “plano α ”, plano onde está fixado o parafuso “P1” e o “Plano δ ”, plano onde se encontra o volante do veículo.

A distância entre o “plano α ” e o “plano δ ” tem sua importância quando se considera a entrada e a saída da cadeira de rodas no interior do veículo, pois o volante é a maior restrição nesta movimentação.

A distância entre o “plano α ” do parafuso “P1” e o “plano δ ”, plano do volante é de 627,96 mm como ilustra a Figura 41, esta distância é calculada considerando a reta que une os dois planos.

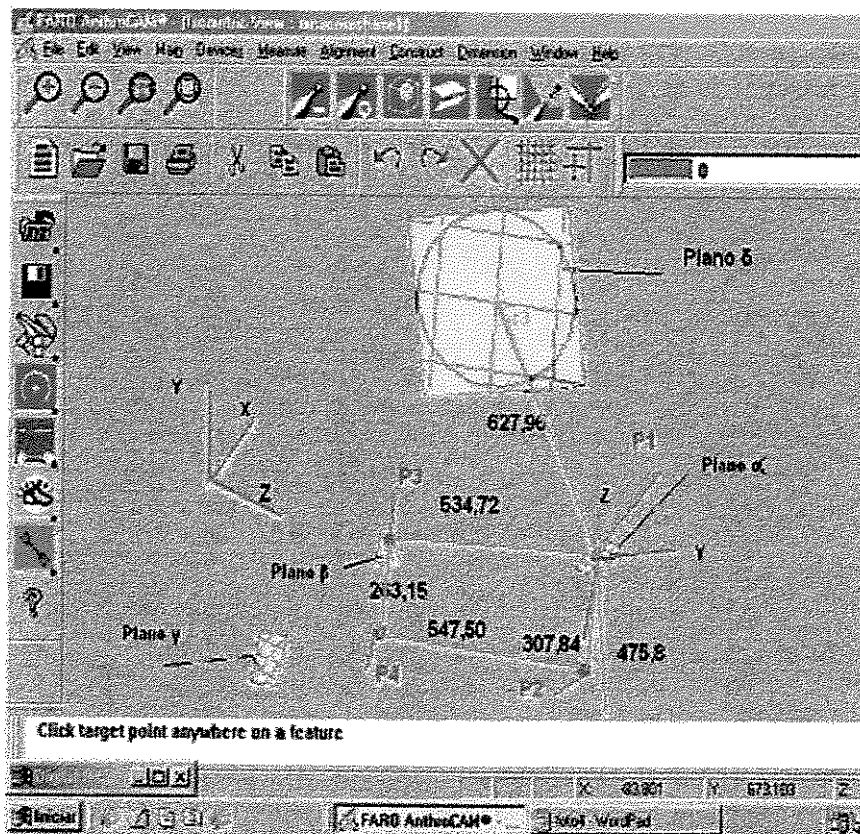


Figura 41- Distância entre o “plano α , parafuso “P1” e o “plano δ ”(plano do volante).

Na Figura 42 temos o ângulo de inclinação do volante em relação ao plano da origem. Aqui podemos visualizar do ponto de vista de um observador colocado no lado do passageiro, a visão do plano do solo, e dos planos dos parafusos de fixação e do volante.

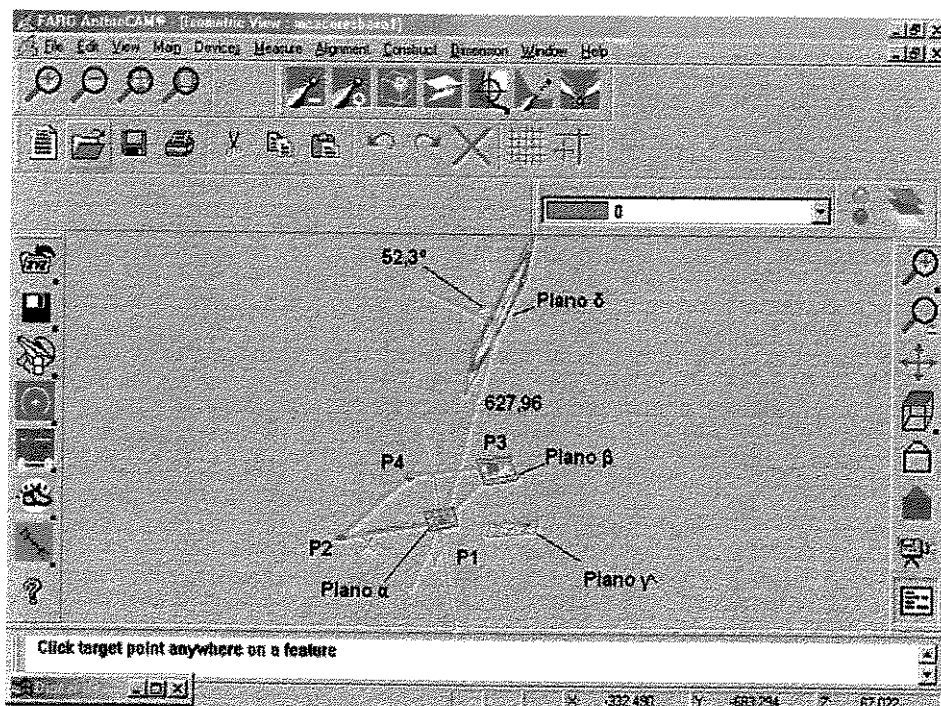


Figura 42- Ângulo de inclinação do volante e distância entre os planos α e δ .

O ângulo de inclinação do volante é o complementar do ângulo $53,2^\circ$ portanto seu valor é de $127,7^\circ$ e a distância entre o plano de fixação do parafuso P1 e o plano do volante é de 627,96mm. Com as medições efetuadas temos delimitado as dimensões máximas dos dispositivos interno e externo, servindo de parâmetros ergonômicos.

Um dos obstáculos é compatibilizar as dimensões da cadeira de rodas automatizada e o espaço interno disponível para a movimentação, ou seja, a entrada e a saída da cadeira de rodas do interior do veículo. Para enquadrar os dispositivos dentro desta limitação, são utilizados mecanismos que buscam a expansão dos eixos de apoio e tração quando a cadeira tiver que se locomover externamente ao veículo e a retração destes eixos quando a cadeira tiver que ser introduzida no interior do veículo. Para que isto seja viabilizado, esta etapa de medição do veículo foi fundamental.

4.2 Dispositivo eletromecânico externo

O dispositivo eletromecânico externo consiste na cadeira de rodas automatizada que foi concebida mecanicamente baseada nas informações fornecidas pelo braço de medição articulado que delimitou o espaço disponível para a movimentação das partes no interior do veículo. Diante das dimensões obtidas verificou-se a necessidade de mecanismos de retração dos eixos de tração traseira e dos eixos das rodas dianteiras para a compactação da base da cadeira de rodas automatizada, para posterior introdução no interior do veículo.

Além destes mecanismos de compactação da base para possibilitar a entrada da cadeira no veículo foi elaborado um sistema telescópico de elevação e rebaixamento do banco, para a captação da cadeira pelo dispositivo interno e para conforto do usuário na condução do veículo e no percurso com a cadeira externamente. Este detalhe propicia melhores condições ergonômicas na condução da cadeira externamente ao veículo e melhor acesso a planos mais elevados. A altura pode ser regulada pelo próprio usuário de acordo com a necessidade. Todos estes mecanismos são descritos posteriormente através de desenhos em três dimensões elaborados no software "Auto Cad." Estes movimentos de compactação e elevação apontam para o uso de motores que façam estes movimentos de forma automatizada sem esforços repetitivos por parte do deficiente no caso de compactação e elevação da cadeira.

Para o desenvolvimento da cadeira automatizada estabeleceremos alguns parâmetros que irão nortear o dimensionamento da mecânica do dispositivo.

Levando em conta as medições executadas pelo braço articulado, o diâmetro da roda de tração será estabelecido em 200 mm, logo o perímetro da roda, que determinará a sua rotação em face a velocidade máxima da cadeira será, dado por:

$$P = \pi \cdot \Phi \quad (1)$$

$$P = \pi \cdot 0,20 = 0,6283 \text{ m} = 628,318 \text{ mm}$$

Considerando a rotação máxima do motor igual a 3200 rotações por minuto (rpm) e uma velocidade máxima de cadeira em 9,8 quilômetros por hora (km/h) ou 2,73 metros por segundo

(m/s), teremos uma rotação na roda dada pela relação entre a velocidade e o perímetro da roda, como segue na equação dois.

$$n = v / P \quad (2)$$

$$n = 2,73 / 0,6283 = 4,3449 \text{ rotações /segundo} = 260,70 \text{ rpm}$$

Portanto a relação de transmissão designada por “i” será dada pela equação três:

$$i = \text{rpm do motor} / \text{rpm da roda} \quad (3)$$

$$i = 3200 / 260,7 = 12,27$$

Para executar a transmissão de potência do motor à roda, será utilizada a transmissão epicicloidial que será apresentada por meio de figuras em seguida.

Utilizaremos um motor em cada roda de tração. Teremos, portanto, dois motores que podem ser especificados pelo catálogo da Bosch, partindo-se de uma massa total de 200 kg, ou seja, cadeira mais usuário. Podemos estimar o ângulo de rampa (φ) que poderá ser transposto com a cadeira, levando-se em conta o uso de dois motores com torque dado pela curva de performance na Figura 44, onde vemos que quando a rotação está em torno de 900 rpm, o torque está em torno de 3 Nm e através da equação quatro determinamos este ângulo de rampa.

$$\varphi = \text{sen}^{-1} (T / m) \quad (4)$$

$$\varphi = 17,5^\circ$$

O motor selecionado é o do tipo GBP da Bosch, cuja Figura 43 mostra seu aspecto externo.

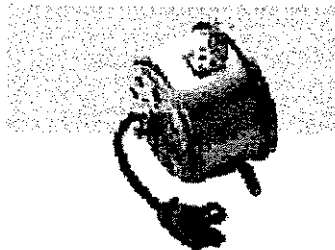


Figura 43-Motor de tração GPB -Site da Bosch.

A tabela 4 mostra os dados principais do motor selecionado para a tração nas duas rodas traseiras.

Tabela 4- Dados técnicos do motor de tração Fonte-Site da Bosch.

Tensões dos Motores	12Vcc ou 24 Vcc
Potência Máxima	400W
Rotação	3000 rpm
Consumo Nominal	18 A
Sentido de Giro	Horário /Anti-horário

A Figura 44 mostra as curvas de performance deste motor. Dela pode-se extrair o comportamento mecânico e elétrico do motor em pontos específicos. Trata-se de um gráfico onde, no eixo das ordenadas temos as seguintes variáveis: potência (Watts), corrente (Ampere) e rotação (rpm ou min^{-1}).

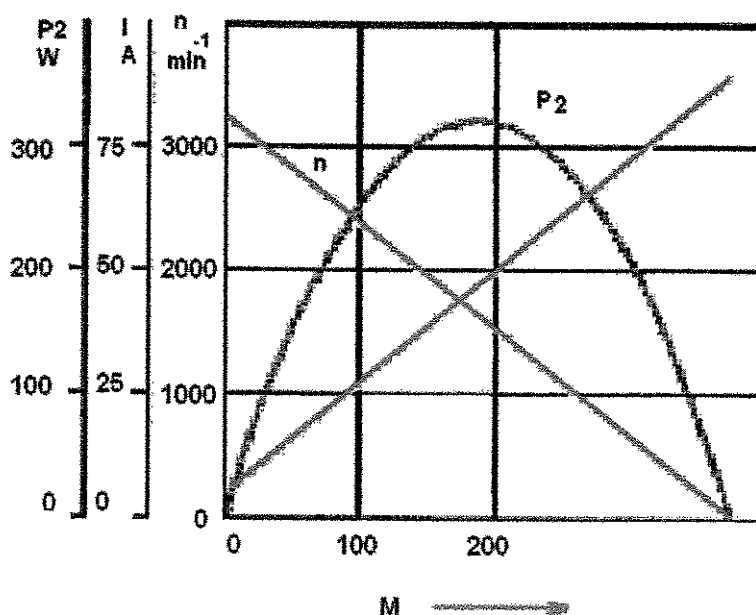


Figura 44- Curva de performance do motor GPB da Bosch.

Para a transferência de potencia às rodas, utilizaremos a transmissão epicicloidal pois esta transmissão tem a menor relação entre tamanho e redução desejada, se comparada à transmissão por polias ou engrenagens numa configuração tradicional. Considerando-se que uma das nossas limitações é o espaço físico no habitáculo do condutor do veículo, este tipo de redução vem preencher os requisitos necessários de relação de transmissão em função de dimensões da transmissão.

A transmissão epicicloidal utilizada consiste em um conjunto de engrenagens. A primeira que faz a transmissão de torque diretamente do eixo do motor é denominada solar, esta engrenagem transmite movimento a três engrenagens defasadas de 120° denominadas satélites. As engrenagens satélites excursionam sobre a engrenagem fixa de maior diâmetro que é a anelar.

Na Figura 45 temos uma foto da transmissão epicicloidal com a engrenagem solar sendo retirada presa ao eixo que será vinculado ao eixo do motor.

Esta engrenagem pertence ao primeiro estágio de redução, visto que a transmissão possui dois estágios, cada um com uma redução $i = 3,5$ configurando uma redução total de $i = 12,25$, próximo ao valor calculado pela equação três para a aplicação neste trabalho.

A Figura 45 mostra a foto de uma transmissão epicicloidal semelhante a que será construída para a transmissão de potência na cadeira de rodas automatizada do dispositivo de transporte deste trabalho. Esta transmissão ilustrada na imagem tem um porte maior que a projetada para a cadeira de rodas automatizada, pois nossa aplicação requer um menor torque.

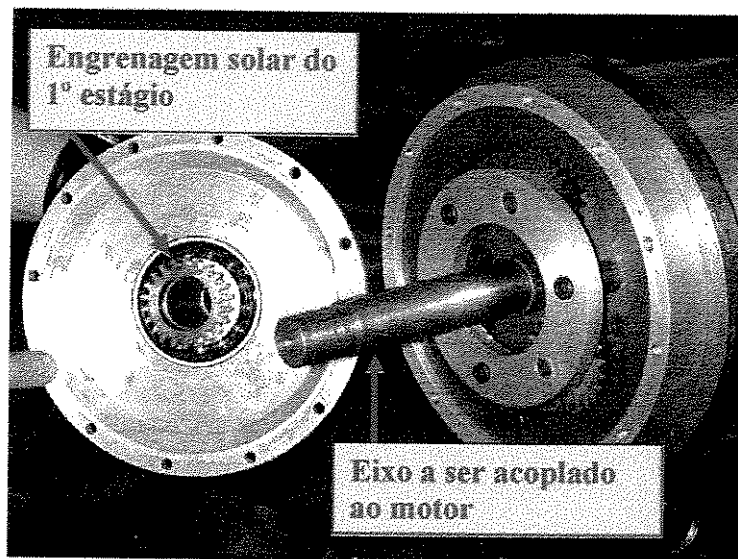


Figura 45- Engrenagem solar do 1º estágio de redução.

A Figura 46 permite distinguir as engrenagens satélites e a engrenagem anelar que é fixa na carcaça da transmissão e sobre a qual se movimentam as satélites movidas pela solar que é solidária ao motor de tração.

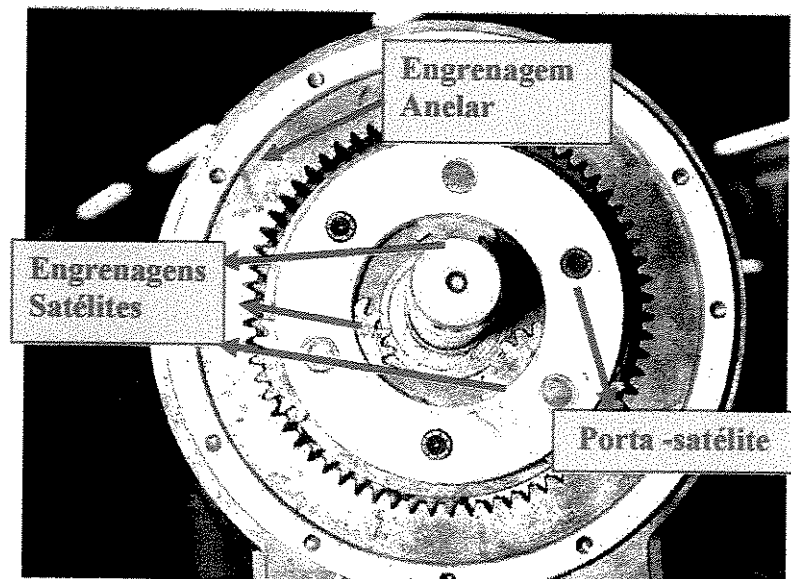


Figura 46- Transmissão epicycloidal e as engrenagens satélites e anelar.

Cada estágio de redução produz uma relação de transmissão igual a 3,5. Temos dois estágios idênticos e portanto a relação total será estabelecida em 12,25.

A transmissão de movimento ao segundo estágio é feita pelo flange denominado porta satélite que contém os três eixos das satélites do primeiro estágio de transmissão. As planetárias ao excursionarem pela engrenagem anelar forçam a flange num sentido de rotação. Solidária a esta flange está a engrenagem solar do segundo estágio de redução que, por sua vez, repete o processo de transmissão às engrenagens satélites do segundo estágio de transmissão.

A Figura 47 ilustra a transmissão epicicloidal com dois estágios em vista explodida que utilizaremos neste trabalho. Nela estão clarificados o desenho dos dois estágios de transmissão e o conjunto montado em corte.

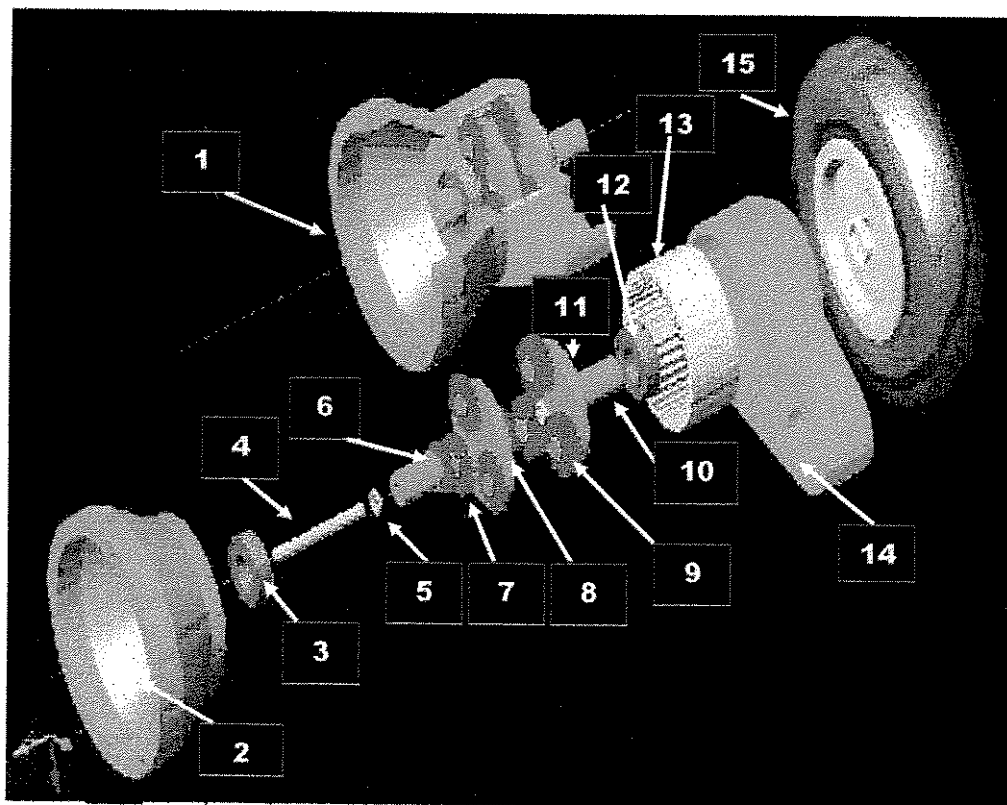


Figura 47-Transmissão epicicloidal com dois estágios.

Identificando as partes componentes da transmissão epicicloidal, da Figura 47 temos:

1. Conjunto completo da transmissão em corte
2. Tampa
3. Rolamento do mancal do eixo do motor
4. Eixo guia
5. Afastador
6. Engrenagem solar do 1º estágio
7. Engrenagens satélites do 1º estágio
8. Porta engrenagens satélites do 1º estágio e solar do 2º estágio
9. Engrenagens satélites do 2º estágio
10. Eixo da Roda
11. Porta engrenagens satélites do 2º estágio
12. Rolamento do mancal do eixo da roda
13. Engrenagem anelar
14. Manga de eixo
15. Roda de tração

Os motores de tração acoplados às transmissões formam um conjunto que necessita ser retraído no momento de inserção no interior do veículo. Para isto foi criado um mecanismo baseado no sistema coroa-pinhão que faz com que as transmissões em conjunto com os motores sofram uma expansão. Este recurso permite uma maior estabilidade à cadeira de rodas quando ela tiver que entrar em movimento, e uma retração quando da inserção no veículo.

Este movimento da expansão e retração do sistema de tração da cadeira de rodas automatizada deverá ocorrer de forma controlada para evitar esforços nos mecanismos, visto que todo peso da cadeira mais do usuário está sobre o sistema de tração retrátil no momento em que a cadeira estiver se deslocando em solo.

Este vínculo de movimento será estabelecido no programa de controle da cadeira, e a interface homem / máquina terá um papel de orientação e coordenação para com o usuário nesta peculiaridade. Para que não ocorra este movimento de expansão e retração em situações adversas,

o movimento de expansão do sistema retrátil poderá ocorrer simultâneo a um movimento com velocidade programada dos motores de tração para evita o arraste e conseqüente sobrecarga nos mecanismos .Um sensor será colocado em ponto estratégico da estrutura, liberará um sinal para o controlador habilitado este movimento do sistema de tração retrátil.A retração ocorre de tal forma que o conjunto fica sob o acento do usuário, ou seja, ocupando a mesma área.

Um sistema de pinhão e cremalheira é utilizado para realizar a transformação do movimento rotativo do motor de expansão do sistema retrátil, em movimento linear.Isto aumentanta, a estabilidade da cadeira quando ela tiver que desenvolver o movimento de percurso.

As mangas de eixo que são expandidas juntamente com o sistema retrátil de tração contém as transmissões epicicloidais descritas anteriormente.As figuras 48a, 48b, 48c mostram a seqüência parcial de movimentos dos sistemas de tração retrátil.

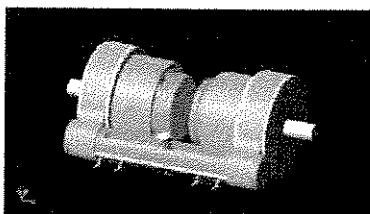


Figura 48a –Sistema de tração retrátil recolhido

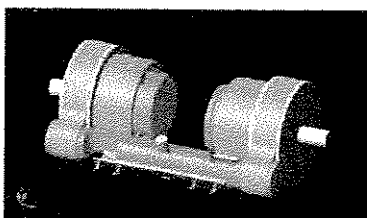


Figura 48b –Sistema de tração retrátil em expansão.

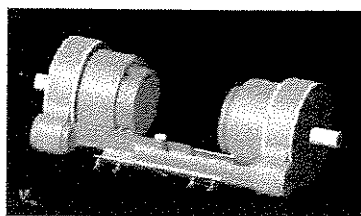


Figura 48c –Sistema de tração retrátil expandido.

Da mesma forma, as rodas dianteiras sofrem expansão e retração e o parâmetro para isto é a área ocupada pelo acento do usuário. O mecanismo de movimentação das rodas dianteiras baseia-se no mesmo mecanismo de expansão e retração do sistema de tração, ou seja, coroa-pinhão. As duas rodas dianteiras em formato de rodízios com um deslocamento do seu eixo de rotação em relação ao ponto de fixação do suporte da rodas, denominada no inglês como “caster,” permitem que as rodas dianteiras assumam um direcionamento definido quando o sistema de tração coloca a cadeira em movimento.

As figuras 49a, 49b e 49c mostram a sequência de expansão do eixo das rodas dianteiras.

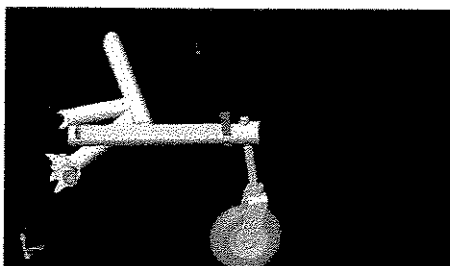


Figura 49a –Rodas dianteiras recolhidas.

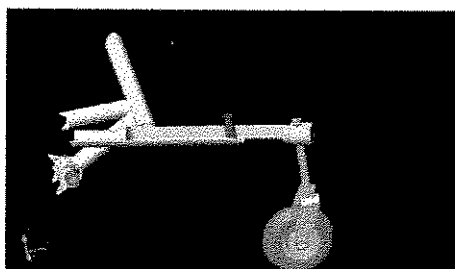


Figura 49 b –Rodas dianteiras em expansão.

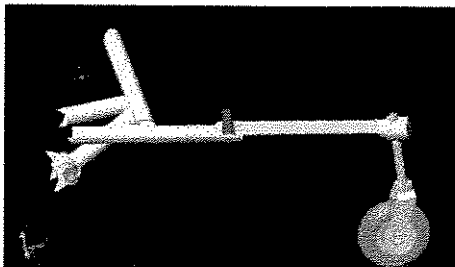


Figura 49 c –Rodas dianteiras expandidas.

O mecanismo de elevação do banco mais o usuário foi concebido baseado num sistema telescópico onde o movimento de giro é transmitido pelo motor ao tubo central que é roscado tanto na face interna quanto na face externa. As roscas têm sentido oposto. Isto faz com que o sistema telescópico se movimente somente com o giro do tubo intermediário onde temos a arruela solidária ao tubo intermediário. Esta arruela gira juntamente com o motor e é guiada pelo eixo guia. As Figuras 50a, 50b, 50c ilustram o sistema telescópico numa sequência de abertura.

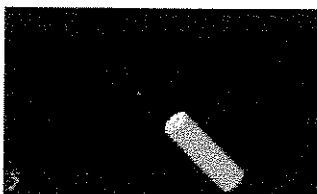


Figura 50a –Sistema telescópico de elevação recolhido.

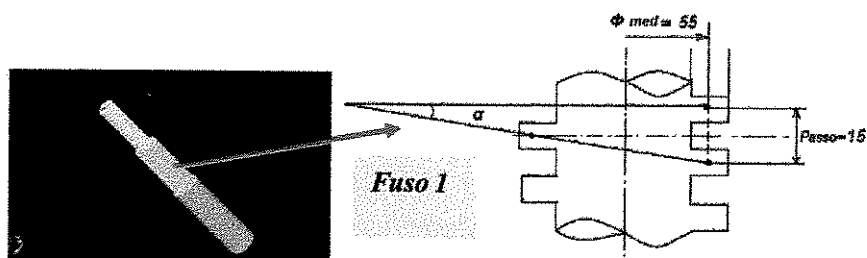


Figura 50b –Sistema telescópico de elevação em expansão (fuso 1 /chassi).

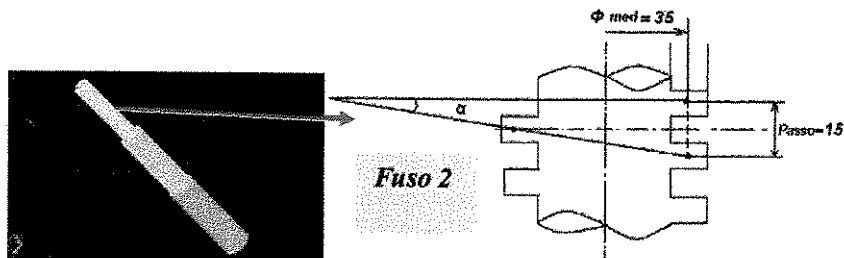


Figura 50c –Sistema telescópico de elevação em expansão (fuso 2/ fuso 1).

O ângulo α da Figura 50c será calculado considerando o passo do fuso (adotado 15mm) e o seu perímetro (P1), através do ângulo α será determinada a força (F1) considerando-se um usuário de 100kg e mais 20 kgf para promover a aceleração do sistema. Com estes dados é

definido o torque necessário no fuso 1(Mf1), analogamente o torque no fuso 2 (Mf2), sendo que a soma dos dois torques definirá o motor necessário para acionar o sistema de elevação :

$$\text{Fuso 1: } P1 = \pi \cdot \Phi_{med1} = \pi \cdot 55 = 172,79, \text{ logo } \alpha = \arctg(15 / 172,79) = 4,96^\circ,$$

$$F1 = 120 \cdot \sin \alpha = 10,37 \text{ kgf}, \text{ portanto } Mf1 = F1 \cdot r1 = 10,37 \cdot 27,5 = 2,79 \text{ Nm.} \quad (5)$$

$$\text{Fuso 2: } P1 = \pi \cdot \Phi_{med2} = \pi \cdot 35 = 109,9, \text{ logo } \alpha = \arctg(15 / 109,9) = 7,77^\circ,$$

$$F1 = 120 \cdot \sin \alpha = 16,224 \text{ kgf}, \text{ portanto } Mf1 = F1 \cdot r1 = 16,224 \cdot 17,5 = 2,8 \text{ Nm.} \quad (6)$$

$$\text{O motor de elevação necessitará do seguinte torque: } Mt = Mf1 + Mf2 = 5,6 \text{ Nm.} \quad (7)$$

Através do catálogo da Bosh temos o motor CEP que atende esta condição de torque e de acordo com as curvas fornecidas temos uma rotação de 86 rpm neste torque de 5,6 Nm, portanto um deslocamento de 4,3 cm/s considerando o passo de 15mm dos fusos.

Os mecanismos de expansão das rodas dianteiras, o sistema de tração retrátil e o tubo telescópico para elevação do acento do usuário, compõe os mecanismos principais do dispositivo externo que é a cadeira de rodas automatizada.

Em termos de sensorização e controle dedicaremos alguns tópicos para esta descrição. Ilustramos agora a composição dos mecanismos e a sequência de expansão do sistema de tração retrátil, do mecanismo de expansão das rodas dianteiras e do sistema de elevação telescópico do acento do usuário.

Para um maior conforto do usuário será utilizado um amortecedor com tensão de mola ajustável de acordo com o peso do usuário. O objetivo de absorver os impactos no percurso em terrenos não-regulares torna-se importante para o indivíduo com deficiência física, pois a probabilidade da existência de seqüelas e a provável fragilidade na estrutura óssea e articular do usuário devem ser consideradas no projeto deste tipo de veículo que pode desenvolver uma velocidade de até 9,8 km/h e gerar impactos eventualmente lesivos. A Figura 51 mostra a fixação do amortecedor com a manga de eixo e a estrutura da cadeira.

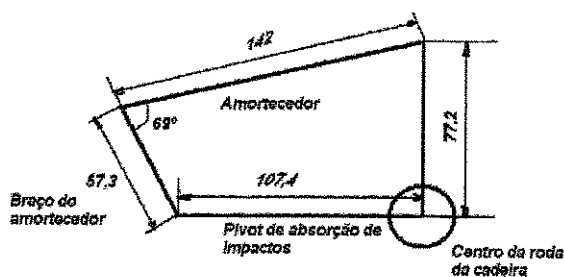
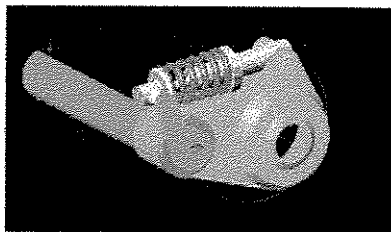


Figura 51- Fixação do amortecedor traseiro

Para o dimensionamento da carga envolvida na cadeira de rodas e dimensionamento do amortecedor vamos considerar o esboço da Figura 51 e os seguintes parâmetros adotados e dentro de diretrizes baseadas em cadeiras existentes no mercado e materiais normalmente usados na confecção destes equipamentos.

Considerando o peso do usuário = 100 kgf, peso próprio da cadeira = 60 Kgf, deformação máxima da mola $x = 40$ mm. Adotando a deformação de $x = 20$ mm na condição de carga, temos que a carga total sobre a cadeira será de 160 kgf que distribuída por roda produz 40 kgf. Com isto podemos obter o momento de reação em cada roda (M_{roda}) e a força no amortecedor (F_{amort}) e a constante da mola (K_{mola}), considerando o comprimento do pivô de absorção de impactos (P_{abs}) e o comprimento do braço do amortecedor e o ângulo entre este braço e o amortecedor, os quais são dados por:

$$M_{roda} = P_{abs} \times F_{roda} \quad (8)$$

$$M_{t\ roda} = 0,1074 \times 40 = 4,29 \text{ kgm.}$$

$$F_{amort} = M_{roda} / B_{amort} \quad (9)$$

$$F_{amort} = 4,29 / 0,0573 \times \cos 21^\circ = 80,30 \text{ kgf,}$$

$$F_{amort} = K_{mola} \cdot x \quad (10)$$

$$\text{Logo : } K_{mola} = 80,30 / 20 = 4 \text{ kgf/mm.}$$

Considerando o sistema de amortecimento traseiro da base da cadeira juntamente com o sistema de tração retrátil e o sistema de expansão das rodas dianteiras que chamaremos de sistemas de compactação, adicionando-se o sistema telescópico de elevação, teremos concebido a base da cadeira automatizada com seus mecanismos, como ilustra a Figura 52.

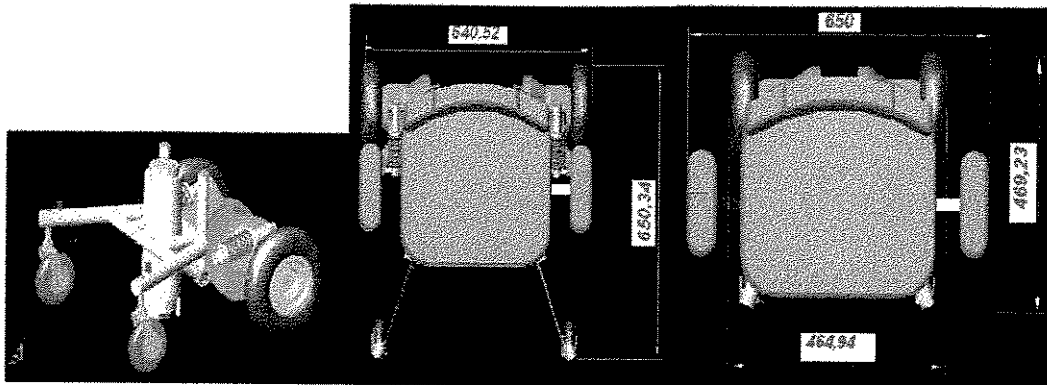


Figura 52- Base da cadeira com sistemas de compactação e elevação

Através das Figuras 53a, 53b, 53c é ilustrada especificamente a elevação do sistema telescópico que coloca em planos mais elevados o acento do usuário.

O projeto foi desenvolvido em Auto-Cad. Este arquivo possui todo o dimensional detalhado do dispositivo, porém para se ter uma noção das dimensões da cadeira, foi colocado na figura 53 em duas dimensões, uma escala em milímetros.

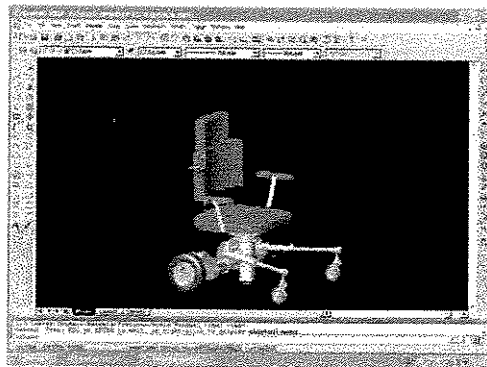


Figura 53a -- Cadeira com base expandida e sistema telescópico recolhido.

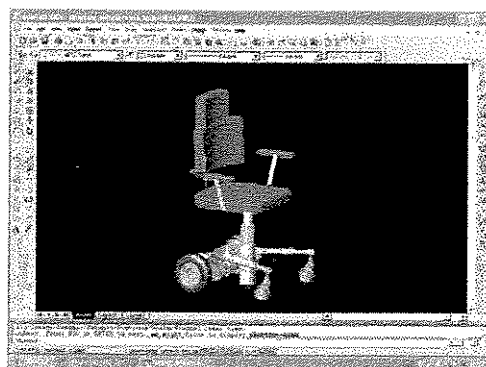


Figura 53b – Cadeira com base semi-expandida e sistema telescópico em expansão.

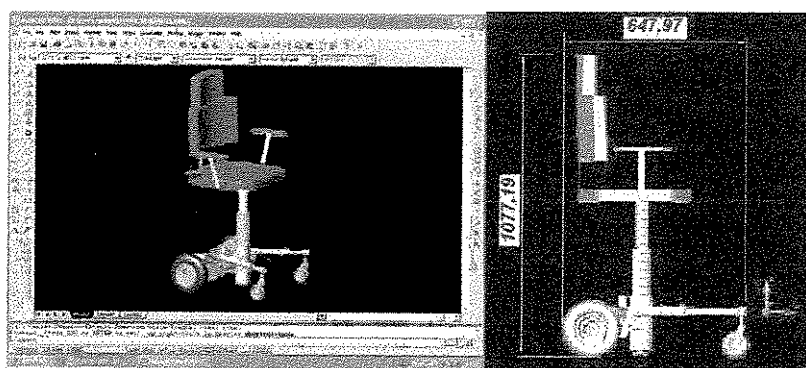


Figura 53c – Cadeira com base semi-expandida e sistema telescópico expandido.

Quando a retração destes sistemas estiver completa, a base da cadeira já estaria vinculada ao dispositivo interno de transporte para o traslado da cadeira para o interior do veículo. Esta fase ocorrerá após a retração dos mecanismos citados e do sistema telescópico. O recolhimento do sistema telescópico de elevação fará com que a base da cadeira, que contém o sistema de tração retrátil e o mecanismo de expansão das rodas dianteiras, esteja totalmente recolhido e, com isto, a cadeira estará totalmente compactada e pronta para ser inserida no interior do veículo através do dispositivo de transporte interno. Este dispositivo estará sendo descrito posteriormente. As Figuras 54 a, 54 b, 54 c e 54 d ilustram a retração do sistema retrátil de tração e do mecanismo de expansão das rodas dianteiras com o sistema telescópico totalmente expandido e o estágio onde a cadeira tem sua compactação total.

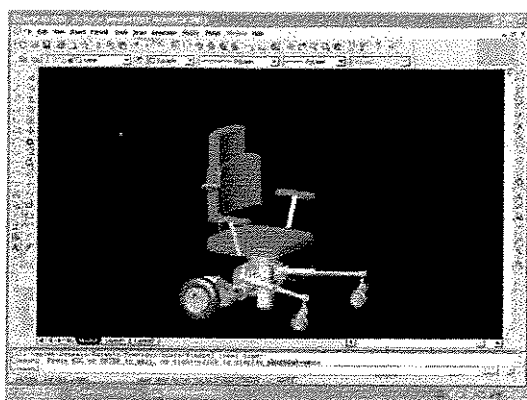


Figura 54 a – Sistemas da base totalmente expandidos.

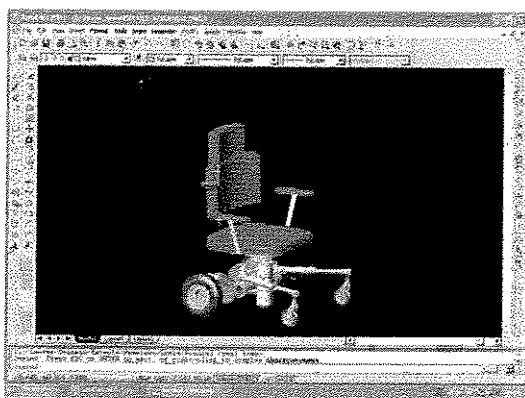


Figura 54 b – Sistemas da base em retração.



Figura 54 c – Sistemas da base totalmente retraídos.

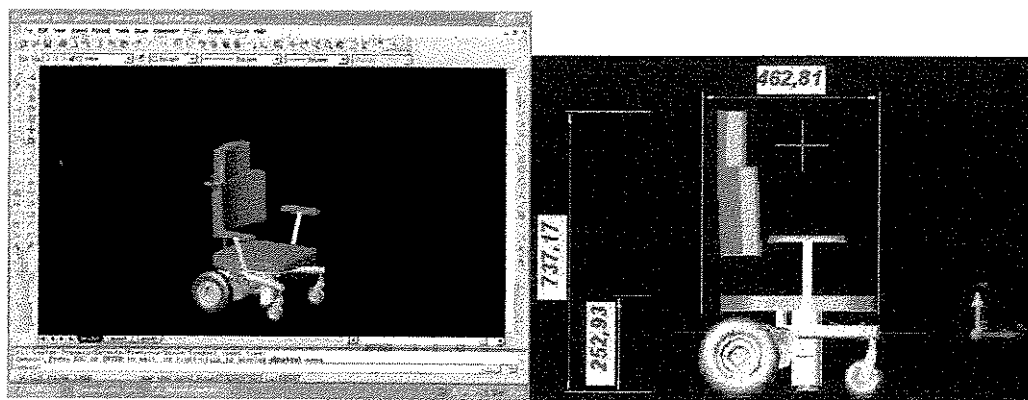


Figura 54 d - Compactação total da cadeira.

4.4- Dispositivo eletromecânico interno

Com relação ao dispositivo interno, os tipos de sensores serão escolhidos entre os descritos no item anterior. No que se refere à sequência de movimentos, foram elaboradas articulações que permitem a exposição da cadeira em relação ao veículo e sua introdução numa sequência inversa de movimentos.

O dispositivo consiste numa plataforma que serve de base para a cadeira de rodas automatizada onde ela será fixada após posicionamento para seu transporte. Esta plataforma está ilustrada na Figura 55 em "Auto-Cad" com três dimensões. O projeto foi desenvolvido neste "software" e o arquivo possui todo o dimensional detalhado do dispositivo. Porém para se ter uma noção das dimensões do dispositivo interno, uma escala em milímetros foi colocada na Figura 61b apenas em duas dimensões.

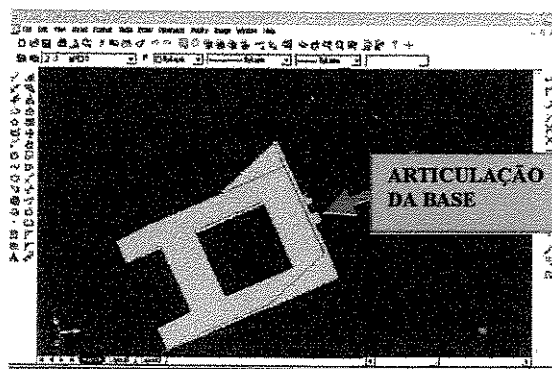


Figura 55- Plataforma de apoio da cadeira de rodas automatizada.

Não estão colocadas as dimensões nas figuras, porém nos arquivos eletrônicos de “Auto – Cad” todo dimensional está vinculando as partes de forma a poder agregá-las na futura construção dos dispositivos, tanto da cadeira de rodas automatizada quanto do dispositivo interno de transporte.

Esta mão de transporte gira em torno de seu eixo devido às articulações do garfo, este garfo vincula a haste à bucha de elevação da plataforma, conforme ilustra a Figura 57 que contém uma vista explodida deste conjunto.

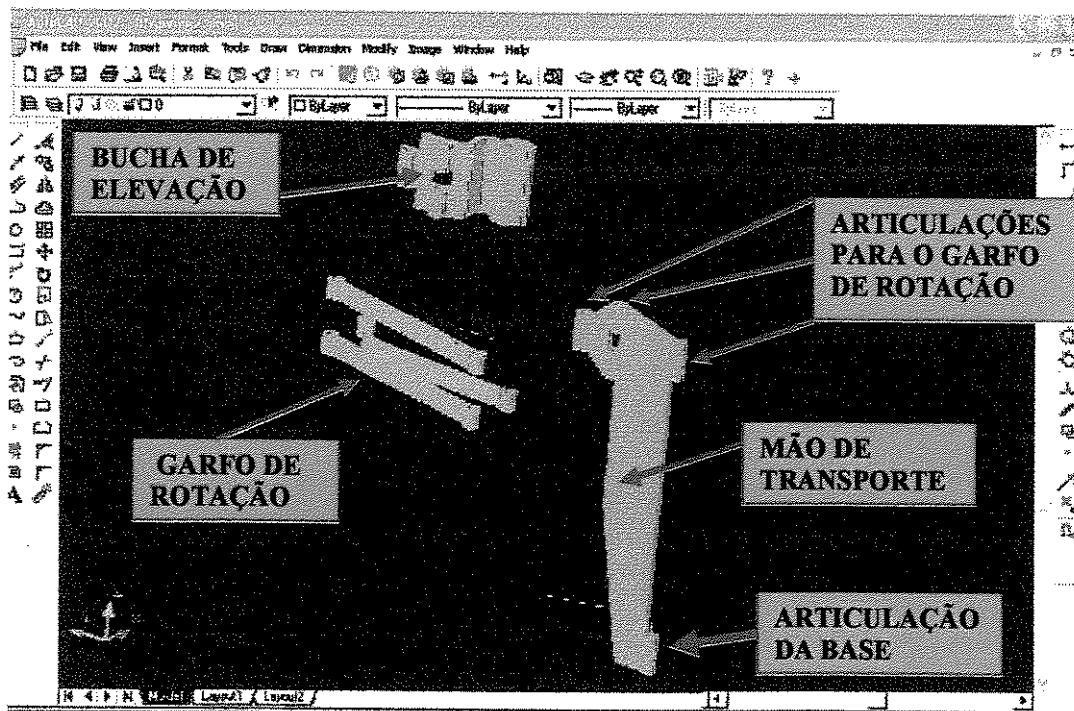


Figura 57- Vista explodida do conjunto de articulações

A bucha de elevação está contida no tubo de envolvimento do fuso de elevação. Este tubo gira levando todo o conjunto, cadeira mais plataforma mais mão de transporte, mais garfo de rotação, mais bucha de elevação mais o próprio fuso de elevação. A bucha de elevação irá excursionar pelo tubo de envolvimento do fuso de elevação, na medida em este fuso for acionado pelo atuador respectivo, conforme ilustra a sequência de figuras 58 a, 58 b e 58 c. Neste

movimento vertical teremos a plataforma sendo elevada até o nível de introdução no veículo ou até o solo, onde a cadeira abandonará a plataforma na saída do veículo.

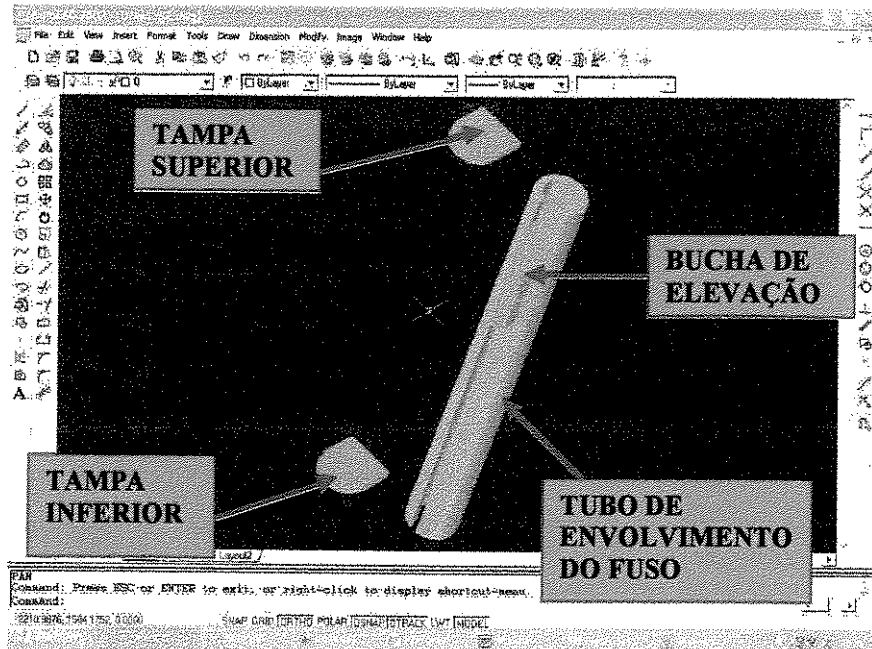


Figura 58 a-Bucha de elevação no nível de introdução no veículo.

Através de um fuso, a bucha de elevação é acionada para mover, no sentido vertical, o conjunto da plataforma mais o agregado de rotação que será ilustrado nas figuras posteriores.

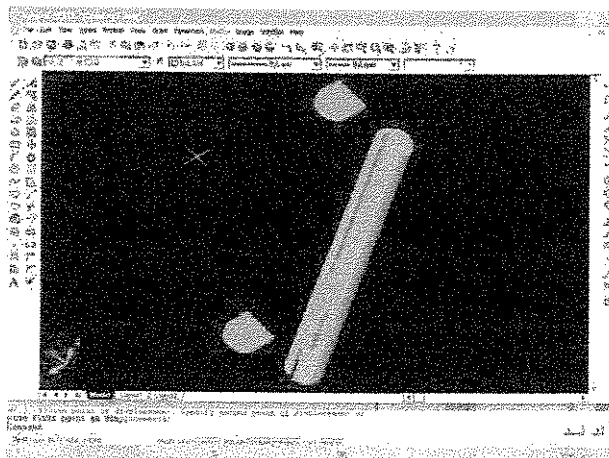


Figura 58 b-Bucha de elevação em curso descendente.

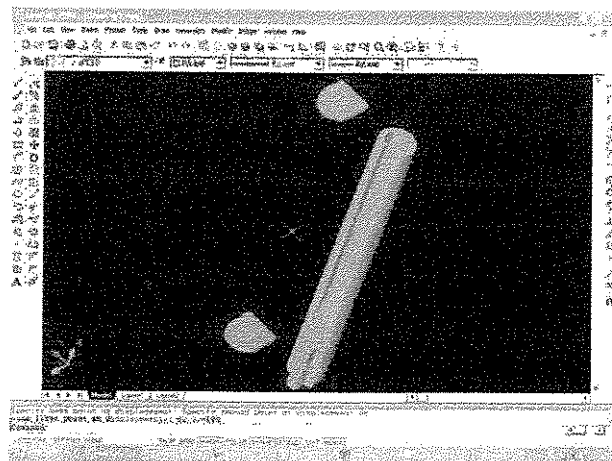


Figura 58 c-Bucha de elevação no limite inferior.

Visando montar as partes componentes do dispositivo interno, a Figura 59, mostra o agregado de rotação com seus componentes devidamente vinculados através das articulações. As Figuras 60 a e 60 b mostram o acoplamento da plataforma de transporte ao agregado de rotação.



Figura 59-Agregado de rotação com seus componentes vinculados.

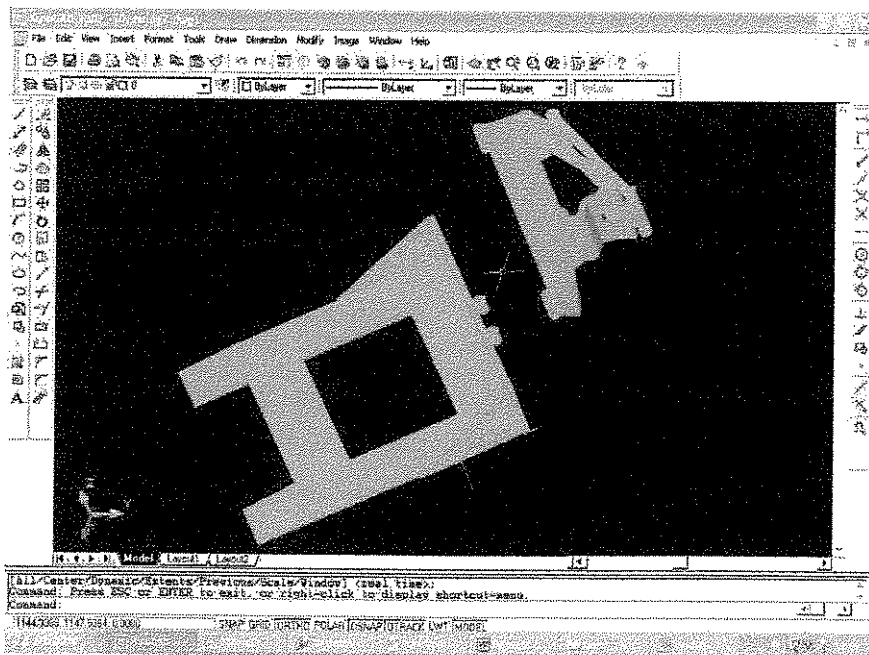


Figura 60 a- Plataforma de transporte e agregado de rotação.

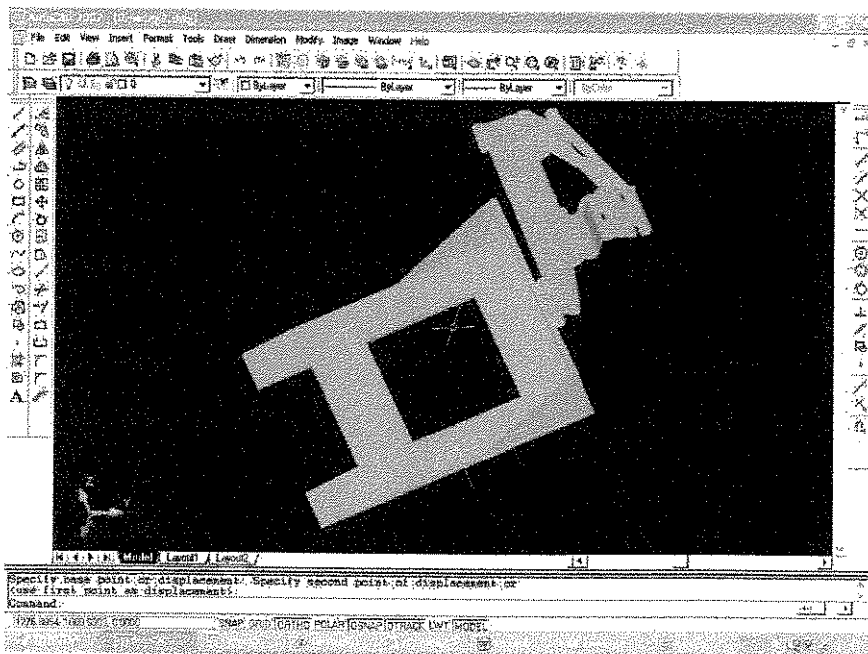


Figura 60 b-Acoplamento da Plataforma de transporte ao agregado de rotação.

Para completarmos o dispositivo de transporte interno, falta vincularmos o conjunto da Figura 60 b ao tubo de envolvimento do fuso de elevação. Com esta vinculação o conjunto da plataforma mais o agregado de rotação pode girar em torno do tubo de envolvimento do fuso de elevação. Esta rotação é realizada por um atuador que gira o próprio tubo.

Para que a plataforma saia completamente do veículo, não é suficiente apenas a rotação do tubo de envolvimento, pois teríamos, ao final da rotação do tubo, a plataforma com sua parte anterior ainda sobre o veículo, o que provocaria uma colisão entre a parte inferior da plataforma e o batente inferior da porta do veículo, caso o fuso de elevação fosse acionado no sentido de descer a plataforma. Assim sendo, justifica-se o agregado de rotação que faz com que o conjunto da haste gire em torno do seu eixo e quando este movimento é aliado à própria articulação da plataforma na base da haste livra totalmente a plataforma que contém a cadeira do batente inferior da porta do veículo. Assim temos o conjunto completo que denominados de “dispositivo interno de transporte,” ilustrado na Figura 61a em vista explodida e na 61b devidamente montado.

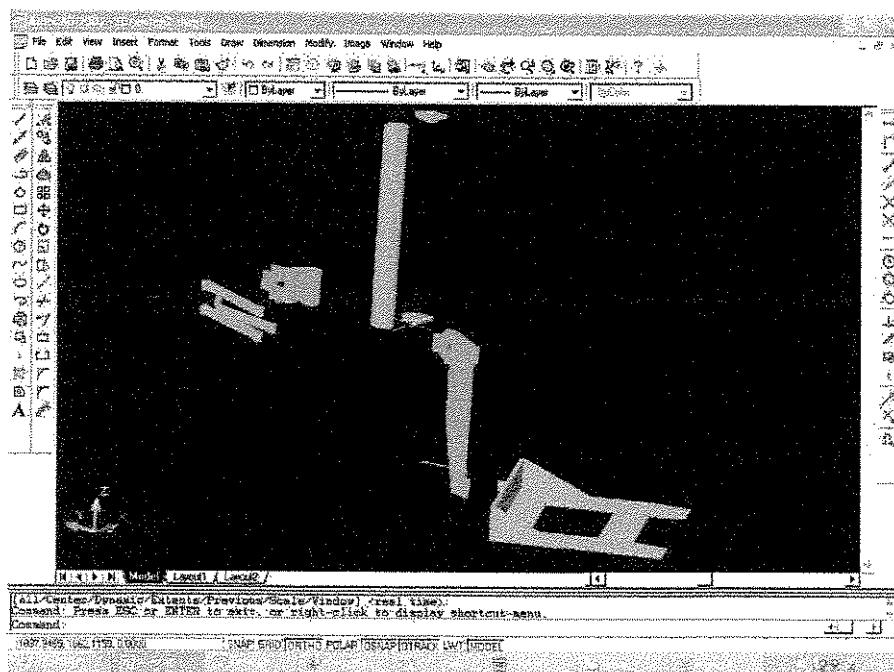


Figura 61 a-Dispositivo interno em vista explodida.

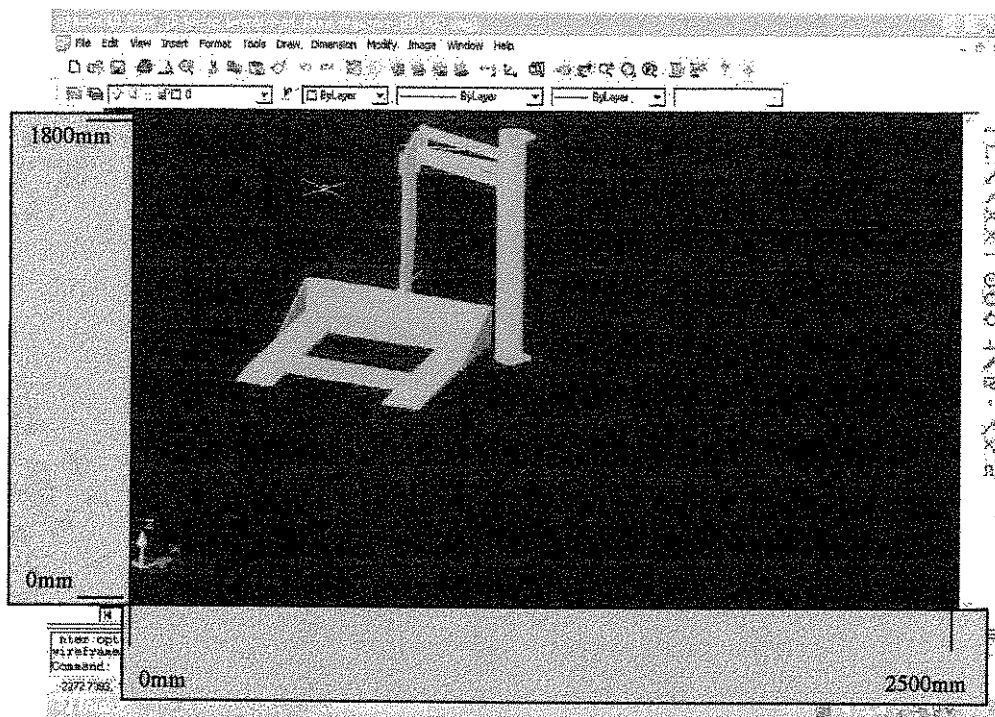


Figura 61 b-Dispositivo interno montado.

Para melhor ilustrar a sequência de movimentos do dispositivo interno de transporte, serão colocadas figuras que mostram desde a saída da plataforma do veículo até seu repouso sobre o solo, esta sequência será ilustrada nas figuras 62 a, 62 b, 62 c, 62 d, 62 e, 62 f, 62g.

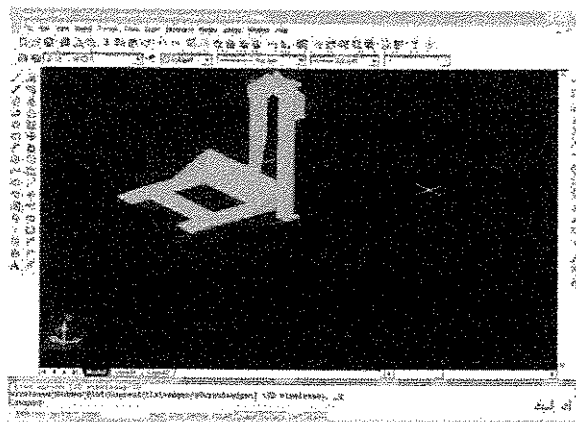


Figura 62 a- Dispositivo Interno em início de rotação.

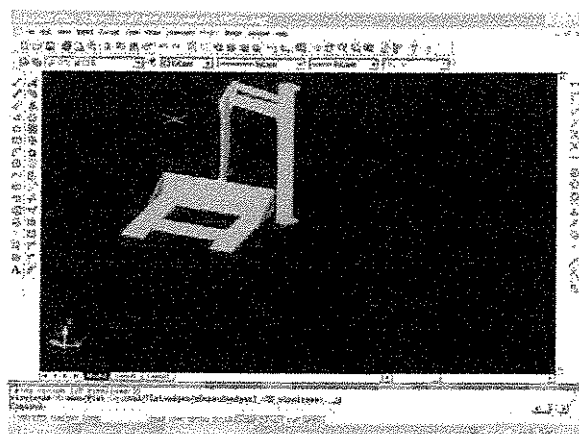


Figura 62 b-Dispositivo Interno em de rotação.

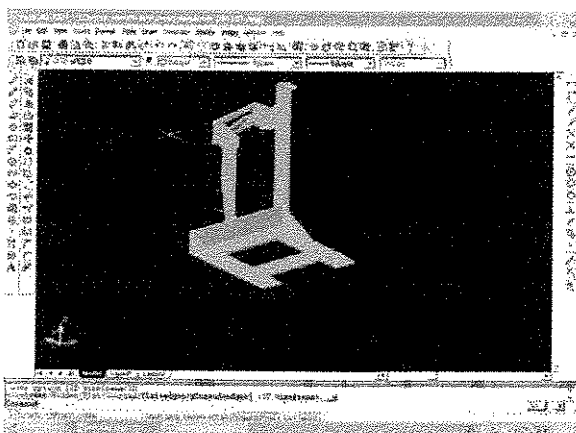


Figura 62 c-Início da articulação do garfo de rotação.

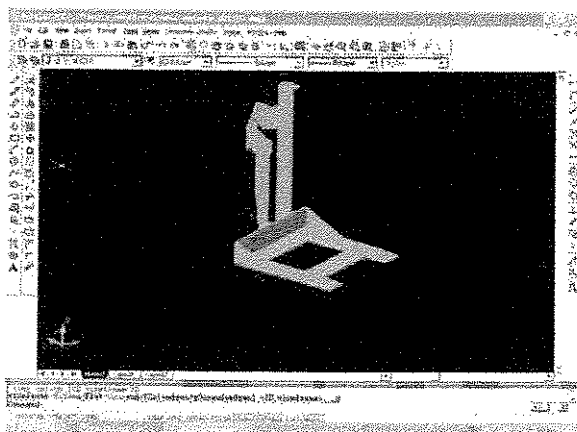


Figura 62 d-Início da articulação da plataforma simultânea à rotação do garfo.

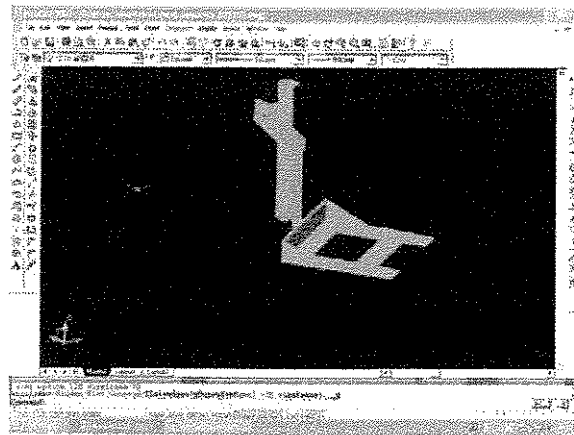


Figura 62 e- Plataforma em posição de descida.

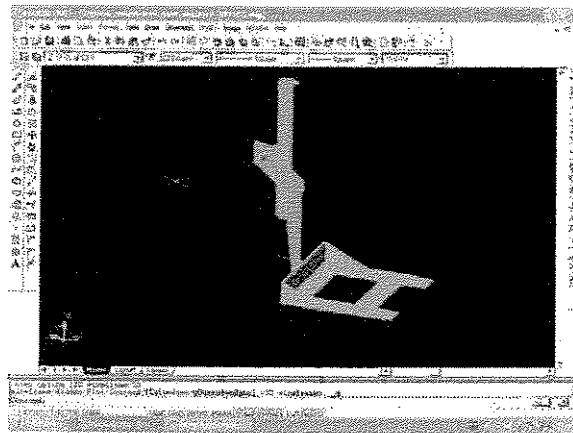


Figura 62 f- Plataforma descendo.

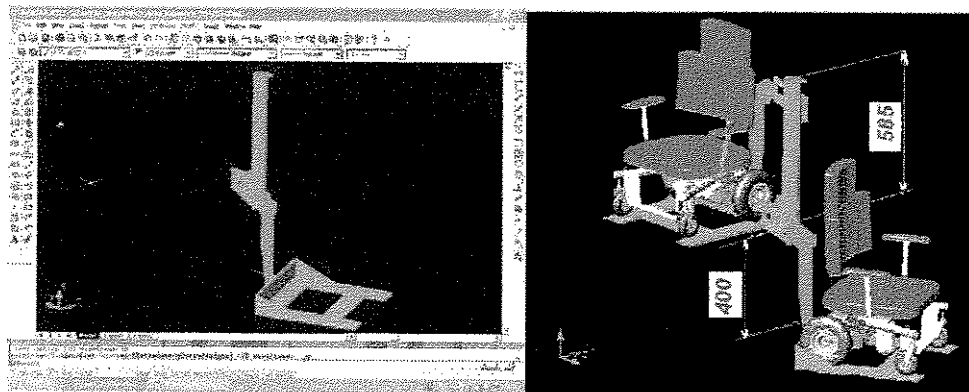


Figura 62 g- Plataforma no solo.

Com esta seqüência temos um ciclo completo do movimento de saída do dispositivo interno do interior do veículo para introduzir a cadeira no interior do veículo a seqüência de movimentos se dará no sentido inverso, todo o controle de movimentos será feito pelo CLP que estará acoplado aos sensores e atuadores do dispositivo interno através de um conector elétrico que o próprio usuário acoplará da cadeira de rodas ao dispositivo interno de transporte.

A Figura 63 ilustra o conjunto do dispositivo interno com a cadeira de rodas automatizada sobre a plataforma de transporte no solo pronta para abandonar o veículo ou para ser introduzida nele.

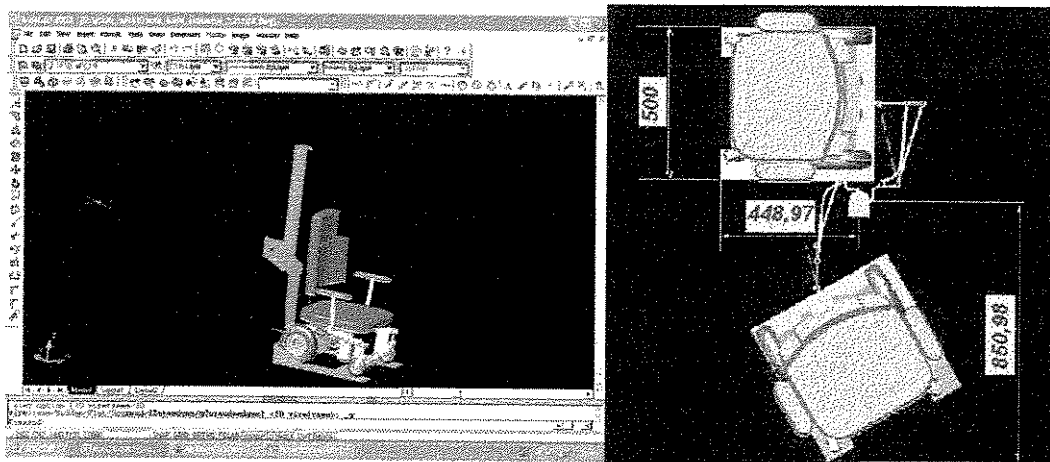


Figura 63- Conjunto completo no solo.

Considerando as medidas do veículo em relação à porta e dimensões internas, foi feita uma simulação da movimentação do dispositivo interno colocando-o no espaço interno disponível levantado pelo Braço Articulado Faro, sendo obtida a seqüência de movimentação descrita na Figura 64.

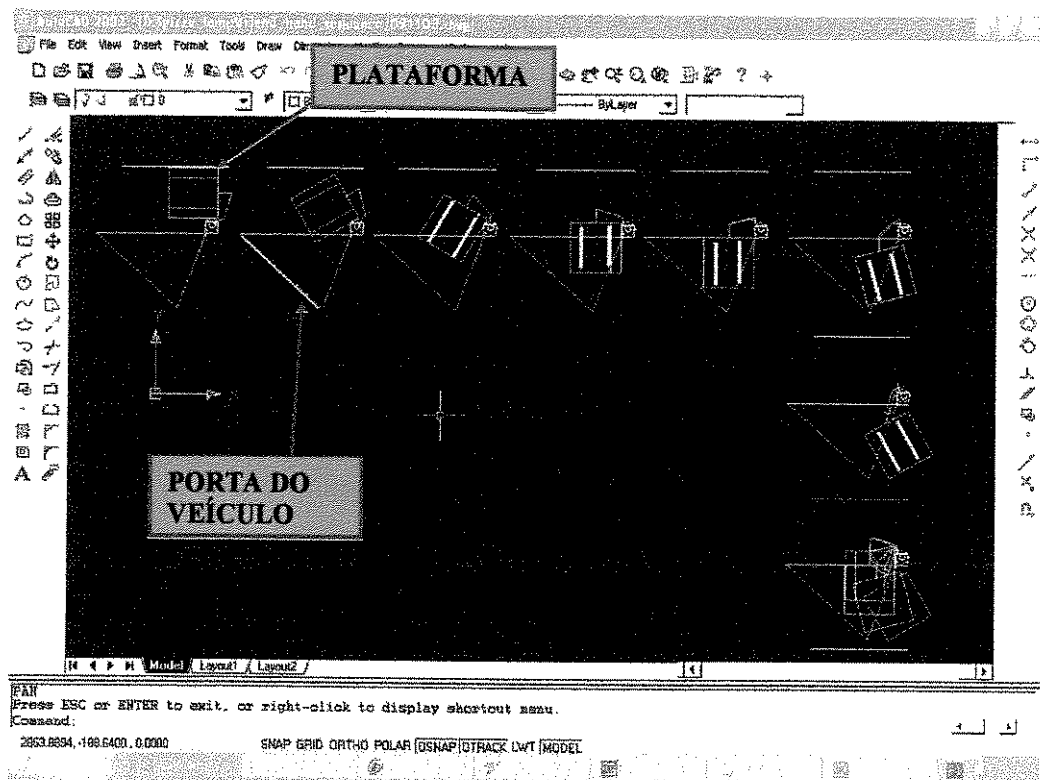


Figura 64- Sequência de movimentação considerando as dimensões do veículo.

Assim como dimensionamos os motores para os fusos do dispositivo externo, o motor para o fuso de elevação do dispositivo interno segue a mesma metodologia.

Adotando-se o diâmetro do fuso igual a 20mm com passo de 10mm, considerando-se os fusos de linha do fabricante Hiwin, levando-se em conta uma carga total de 250 kgf, envolvendo o peso próprio do dispositivo interno, o dispositivo externo mais o usuário, teremos o seguinte cálculo:

$$P1 = \pi \cdot \Phi_{med} = 31,44 \quad (11)$$

$$\alpha = \arctg (10 / 31,4) = 17,6^\circ \quad (12)$$

$$F = 250 \cdot \sin \alpha = 76 \text{ kgf} \quad (13)$$

$$Mt = F \cdot r = 76 \cdot 0,01 = 0,76 \text{ Kgm ou } 7,5 \text{ Nm} \quad (14)$$

Pelo catálogo da Bosh de motores temos selecionado o motor com torque na faixa de 7 a 14 Nm com rotação de 110 rpm. Isto atende o acionamento do dispositivo interno na elevação da plataforma com o usuário e o dispositivo externo.

4.5- Conclusões finais do capítulo

Neste capítulo partimos da pesquisa das dimensões veiculares de um veículo com características dimensionais tipicamente propícias para a aplicação deste trabalho, e a partir dos dados colhidos, foram desenvolvidos tanto os mecanismos da cadeira de rodas automatizada, quanto o dispositivo interno de transporte.

Com as possibilidades de sensorização colocadas no Anexo I é possível partir para o processamento e controle dos mecanismos, assim como para uma simulação computacional dos movimentos. Através da integração do programa de controle colocado no CLP, com o Software Supervisório, temos a ferramenta para visualização destes movimentos comandados de maneira seqüencial pela lógica de controle implementada no CLP.

No mercado vemos plataformas e rampas que colocam o deficiente e sua cadeira no interior do veículo, porém não na posição de condutor do veículo adaptado como no caso deste estudo. Em termos de custo, consideramos que as isenções de impostos nos veículos adaptados para pessoas com deficiência (em torno de 30% do valor do veículo) cubram os custos dos dispositivos interno e externo.

O próximo capítulo tratará deste desenvolvimento, vinculando o movimento dos mecanismos feito pelo comando articulado pela lógica de controle no CLP com a visualização por intermédio da ferramenta de Supervisão.

Capítulo 5

Desenvolvimento da Lógica de Controle

Neste capítulo estaremos descrevendo o sistema de controle no que se refere ao “hardware” e ao “software.” Na cadeira de rodas automatizada será colocado o Controlador Lógico Programável (CLP) que controlará todos os movimentos do dispositivo externo e do dispositivo interno de transporte. A interface homem-máquina terá um papel fundamental no controle dos dispositivos e na orientação do usuário para que ele possa estar comandando na sequência correta todos os mecanismos disponíveis.

A ferramenta de supervisão, “software supervisor,” será utilizada como a simulação computacional dos movimentos e estará vinculada à lógica de controle implementada no CLP. Esta lógica será próxima à utilizada na construção do dispositivo completo em trabalhos futuros, acrescentando-se, naturalmente, as melhorias que poderão ser implementadas com a própria experiência de construção dos dispositivos.

5.1-Implementação do sistema de controle

A opção pela utilização de um CLP no controle dos dispositivos neste trabalho deve-se aos seguintes fatores:

- Facilidade e flexibilidade na confecção do programa com linguagem de programação estruturada;
- Confiabilidade do hardware por ser um equipamento industrial;
- Quantidade de pontos de entrada e saída com pontos digitais e analógicos;
- Implementação de rotinas proporcional, integral e diferencial (PID);

- Interface homem-máquina imprescindível ao equipamento e já incorporada ao CLP;
- Possibilidade futura de integração ao sistema veicular e, portanto nesta hipótese, diminuição progressiva dos custos do equipamento que já é produzido em larga escala;
- Mercado de dispositivos para atender os indivíduos com deficiência física ainda inexplorado por fabricantes de CLP's.
- Fornecimento do equipamento com alimentação compatível às baterias utilizadas nos veículos automotivos e na cadeira de rodas automatizada.

Os Controladores Lógicos Programáveis atualmente tem um mercado importante na automação industrial e predial. A linguagem de programação mais comercial é a linguagem de relés no inglês denominada como "Ladder." Alguns fabricantes estão se utilizando o Diagrama de Blocos Funcionais denominado o Grafcet –(SFC) que tem como origem na sua denominação os aspectos Graph (gráfico) e AFCET que é a Associação Francesa de Cibernética Economia e Tecnologia (Association Française de Cibernétique Économique et Technique). Esta ferramenta tem vínculos com as Redes de Petri, sobre esse assunto colocamos o **Anexo II** que trata da simbologia utilizada para representar as seqüências e o encadeamento lógico dos processos, assim como os princípios que determinam a representação do processamento dos sistemas automatizados nesta forma de apresentação.

Como o equipamento selecionado para este trabalho possui uma linguagem de programação baseada no Grafcet, representaremos a lógica de comando do nosso sistema através deste meio. Seus símbolos básicos foram ilustrados no **Anexo II**, assim como o registro da lógica de controle dos dispositivos interno e externo e seu interfaciamento com a IHM.

Antes de formularmos o programa representado em Grafcet, estabeleceremos a configuração do "hardware" considerando os pontos de entrada e saída de sinais e o tipo de sinal envolvido no processamento assim como os atuadores com suas respectivas interfaces de comando denominadas no inglês de "drivers." Na Figura 65 temos definido os pontos de entrada e saída que determinarão o controle da cadeira de rodas e do dispositivo interno.

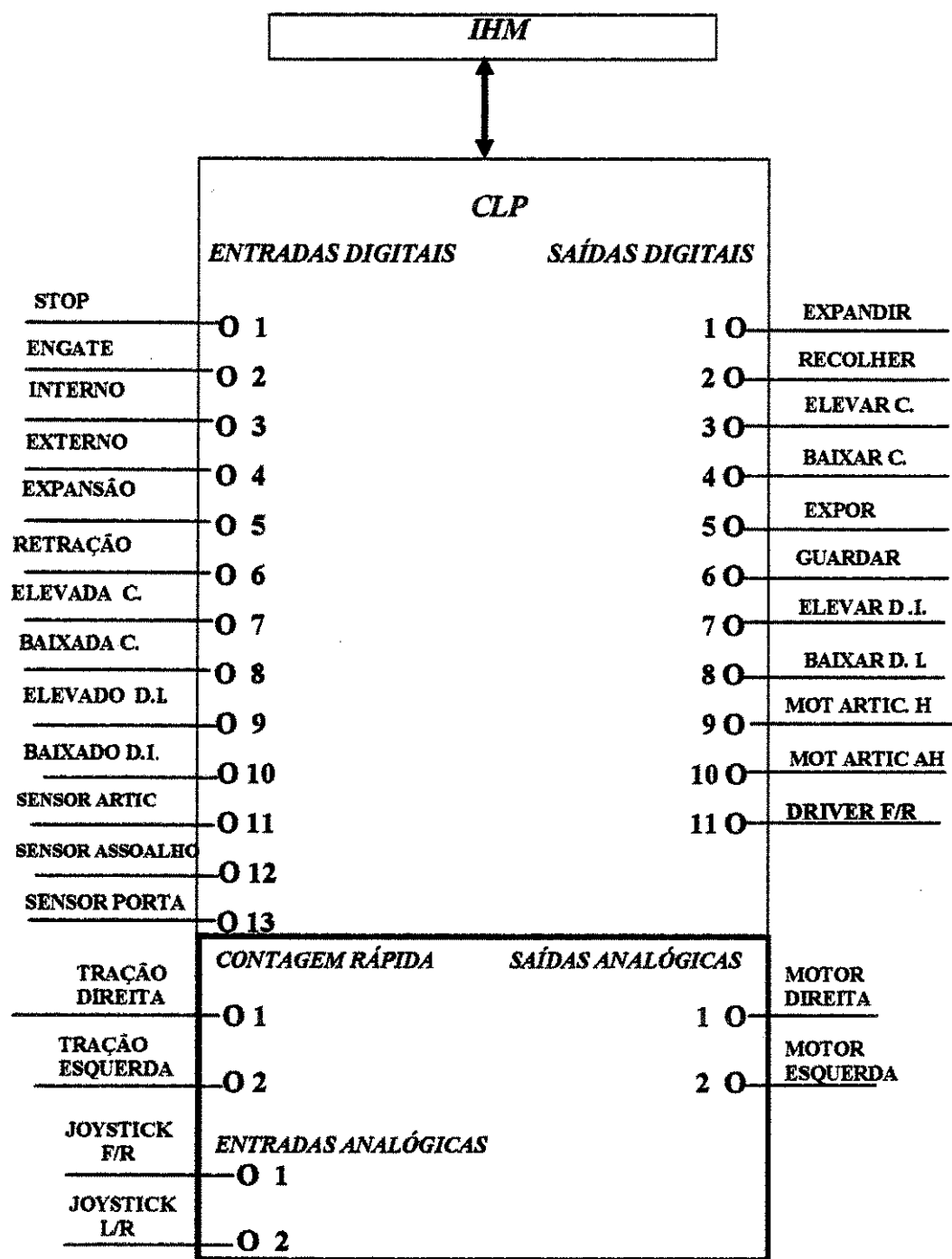


Figura 65-Pontos de entrada e saída de sinais do CLP.

No Anexo I estão colocadas todas as opções em termos de sensorização de final de curso dos mecanismos podendo-se optar por chaves ou sensores de proximidade para os movimentos de expansão, elevação, de expor o dispositivo interno de transporte ou recolher o dispositivo ou ainda a utilização de “shunts” para detectar sobre-correntes em curtos espaços de tempo.

Nos motores de tração estão colocados “encoders” para o controle de velocidade e de trajetória das rodas que promovem a tração da cadeira, naturalmente na construção do dispositivo o tipo de sensorização mais adequado será eleito e aplicado.

Para o acionamento dos mecanismos serão utilizados relês que irão fazer a reversão do sentido de rotação dos motores numa “ponte H,” como ilustra a Figura 72, Nela estão representados os contatos destes relês, cujas bobinas serão ativadas pelas saídas digitais do CLP, podendo optar-se por chaves estáticas para esta comutação. O mesmo circuito será repetido para a expansão e para a retração das rodas de tração, para elevar e abaixar o acento e para expor ou guardar o dispositivo interno de transporte.

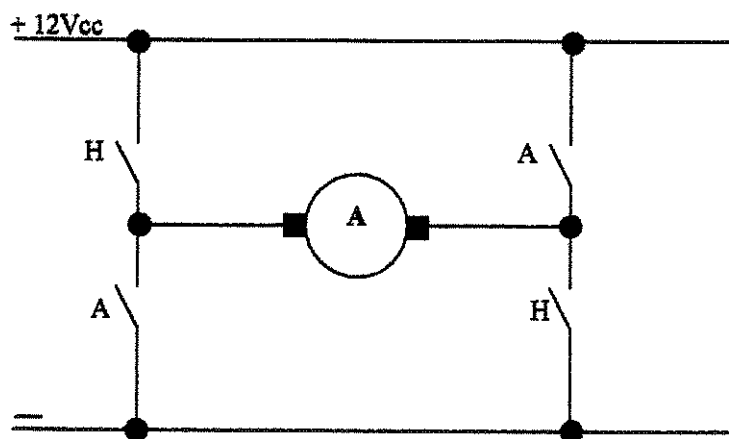


Figura 66-Ponte H para comando dos motores dos mecanismos.

No circuito da Figura 66 designamos “H” como sendo giro horário e “A” como sendo giro anti-horário, dessa forma quando o programa contido na memória do CLP acionar a saída digital correspondente a cada mecanismo haverá o movimento comandado segundo o sentido ativado, determinado assim o sentido de percurso da corrente elétrica na armadura “A” do motor de corrente contínua que aciona respectivamente cada mecanismo.

Para o controle de velocidade e trajetória, o CLP irá gerenciar as tensões colocadas nos motores de tração da direita e da esquerda, sincronizando as velocidades quando a cadeira tiver que assumir uma trajetória retilínea e diferenciando as tensões dos motores quando a trajetória for uma curva para a direita ou para a esquerda. Através do sinal do CLP a uma placa contendo um circuito com modulação da largura de pulso “Pulse Width Modulation” ou PWM, o que varia a tensão média colocada no circuito de armadura dos motores de corrente contínua, fazendo variar seu torque e sua rotação com realimentação em malha fechada através de “encoders.” A Figura 67 mostra um fluxograma que ilustra a malha que fará o controle dos motores de tração, obedecendo aos requisitos colocados no parágrafo anterior.

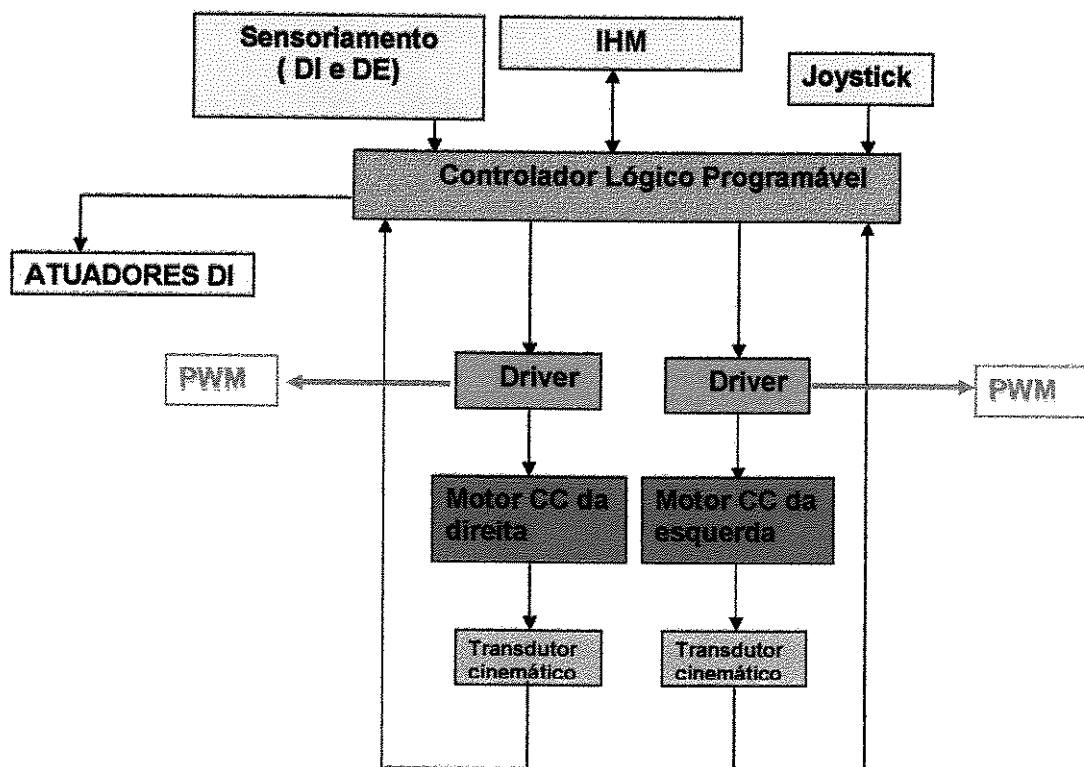


Figura 67-Fluxo de controle dos motores de tração.

5.2 – Lógica de controle em Grafcet

A lógica será representada pelo Grafcet que utilizará como base a Tabela 5, e a Tabela 6 que descrevem os sensores e atuadores, respectivamente.

Tabela 5 - Elementos de entrada de sinal (sensores).

<i>Elemento de sinal</i>	<i>Tipo de sinal</i>	<i>Descrição</i>	<i>Mnemônico</i>
Stop	Digital	Botão de parada	STop
Engate	Digital	Sensor que detecta a cadeira engatada no dispositivo interno	SEng
Interno	Digital	Posição inicial de giro do fuso do dispositivo interno	INdi
Externo	Digital	Posição final de giro do fuso do dispositivo interno	EXdi
Expansão	Digital	Rodas expandidas	ERod
Retração	Digital	Retração das rodas	RRod
Elevada C	Digital	Cadeira elevada	CEle
Baixada C	Digital	Cadeira abaixada	CAba
Elevado D. I.	Digital	Dispositivo interno elevado	DIEl
Baixado D.I.	Digital	Dispositivo interno baixado	DIBA
Tração direita	Pulsos	Encoder da roda direita	ENdi
Tração esquerda	Pulsos	Encoder da roda esquerda	ENes
Joystick F/R	Analógico	Sinal do Joystick marcha à frente ou ré	JOYfr
Joystick E/D	Analógico	Sinal do Joystick à esquerda ou direita	JOYed
Sensor artic.	Digital	Sensor de giro do dispositivo interno para comando da articulação	SEart
Sensor assoalho	Digital	Posição do Fuso com plataforma no assoalho	SEass
Porta	Digital	Posição da Porta do veículo	PORt
Tecla de função 1	Digital	Tecla F1 do painel frontal da IHM	TF1
Tecla de função 2	Digital	Tecla F2 do painel frontal da IHM	TF2
Tecla de função 3	Digital	Tecla F3 do painel frontal da IHM	TF3
Tecla de função 4	Digital	Tecla F4 do painel frontal da IHM	TF4

Tabela 6-Elementos de saída de sinal (atuadores).

<i>Elemento de sinal</i>	<i>Tipo de sinal</i>	<i>Descrição</i>	<i>Mnemônico</i>
Expandir	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para expansão das rodas	EXro
Recolher	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para recolher as rodas	REro
Elevar C.	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para elevar o acento	ELcd
Baixar C	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para baixar o acento	BACd
Expor	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para colocar para fora do veículo o dispositivo interno	EXPdi
Guardar	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para colocar para dentro do veículo o dispositivo interno	GUdi
Elevar D.I.	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para elevar o dispositivo interno.	ELdi
Baixar D. I.	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para baixar o dispositivo interno.	BAdi
Driver F/R	Digital	A saída que informa os driver's dos motores de tração o sentido de rotação.	DRifr
Motor Direita	Analógico	Saída analógica que controla o motor de tração da direita	MTdir
Motor Esquerda	Analógico	Saída analógica que controla o motor de tração da esquerda	MTesq
Mot Artic. H	Digital	Saída que aciona o giro da articulação no sentido horário	MAho
Mot Artic. AH	Digital	Saída que aciona o giro da articulação no sentido anti-horário	MAaho

A estratégia de controle se comporá de rotinas e sub-rotinas para o controle dos movimentos de expansão e retração do sistema de tração das rodas dianteiras e do sistema telescópico, assim como, o controle de tração das rodas. O programa fará também o controle do fluxo de mensagens da interface homem-máquina e dos acionamentos feitos pelo usuário. Haverá uma rotina específica para o controle do dispositivo interno de transporte. Os sinais serão emitidos e recebidos pelo CLP através da conexão inicial na porta do veículo. Isto é feito pelo usuário ao se aproximar do veículo para entrar nele, e posteriormente pela conexão da cadeira ao próprio dispositivo interno por meio da plataforma. Isto ocorre quando o dispositivo interno está em fase de transporte do usuário mais a cadeira para o interior do veículo.

Todas estas rotinas, naturalmente, estarão interligadas por vínculos lógicos de acordo com o estado (ente do Grafcet) em que a sequência se encontrar sendo examinadas as transições (ente do Grafcet) pertinentes e necessárias ao contexto lógico daquele estado.

Na rotina onde se faz o controle de percurso do dispositivo externo são implementadas rotinas com o algoritmo proporcional /integral / diferencial "PID," para o controle de tração das rodas. O resultado faz o dispositivo externo mudar sua direção ou acelerar e desacelerar em linha reta. Isto se faz através do controle de placas com "PWM", conforme já ilustrado na Figura 67.

A equação 15 mostra o conhecido algoritmo de controle no domínio do tempo, onde as constantes da equação são ajustadas de acordo com a dinâmica do dispositivo externo. No nosso trabalho, este ajuste será feito quando o dispositivo externo estiver construído, mediante acesso às constantes da equação através da interface homem / máquina (IHM), e mediante simulações que terão lugar nesta etapa futura do trabalho.

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_i \cdot \int e(t) dt + K_d \cdot \frac{de(t)}{dt} \quad (15)$$

onde : K_p = ganho proporcional
 $e(t)$ = função temporal de erro
 K_i = ganho integral
 K_d = ganho diferencial

Para que o controle seja feito por intermédio do CLP, a coleta e o processamento de sinais deverá ser discretizado, portanto a equação 16 mostra a discretização da equação 15 para que o CLP possa fazer o processamento.

$$c(k) = k_c \left\{ e(k) + \frac{T}{\tau_i} \sum_{k=0} e(k) + \frac{\tau_d}{T} [e(k) - e(k-1)] \right\}. \quad (16)$$

onde: T = período de amostragem, τ_d = coeficiente de diferenciação para discretização, τ_i = coeficiente de integração para discretização.

O sinal analógico de $e(t)$ é convertido numa sequência discreta de números $m[kT] = 1, 2, 3, \dots, n$. Isto exige que os sinais analógicos sejam amostrados nos intervalos de tempo: $t = kT$ e processado pelo algoritmo PID programado no CLP. A Figura 68 ilustra um processo típico utilizando este algoritmo na forma discretizada para o dispositivo externo (D. E.).

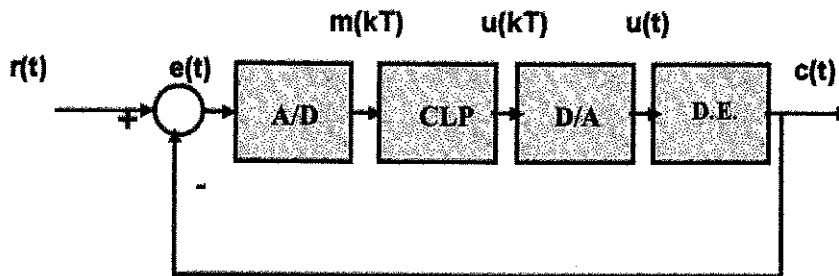


Figura 68- Sistema de controle típico via CLP.

O sinal $u(t)$, resultado do processamento do CLP, colocado no circuito PWM (Driver) do fluxo da Figura 67, faz com que o circuito de modulação da tensão de armadura dos motores de tração tenham um sinal de referência para cada situação de percurso comandada pelo usuário. Cada motor terá sua malha de controle, naturalmente com os vínculos lógicos entre eles, estabelecidos no programa que está colocado no Anexo II.

Cabe salientar que os sinais de rotação dos motores virão através de “encoders,” saltando, portanto, a etapa de discretização do sinal analógico de entrada descrito no sistema de controle típico via CLP da Figura 68.

A Figura 69 ilustra o programa desenvolvido em “Grafcet,” de forma esquemática, com as rotinas parciais que abrangem o dispositivo externo, o dispositivo interno de transporte e a comunicação entre o controlador lógico programável “CLP” e o usuário que consiste na interface homem-máquina “IHM”. No **Anexo II** temos todos os estados e transições de cada rotina.

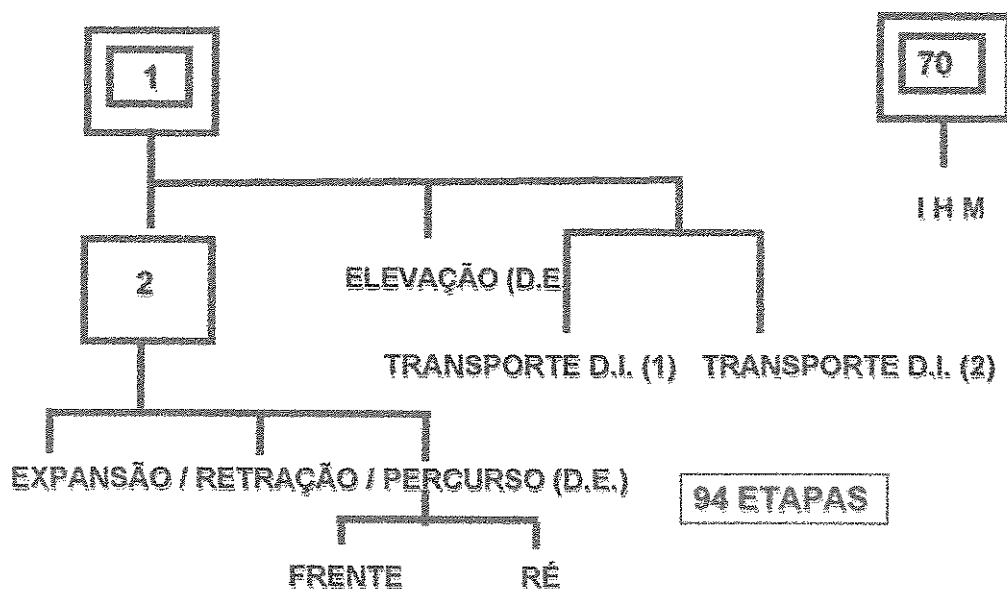


Figura 69- Esboço das rotinas de controle dos dispositivos interno(D.I.) e externo (D.E.) e da interface Homem- máquina (IHM)

5.3- Simulação Computacional com a conexão do CLP e do Software Supervisório.

Esta vinculação da lógica de controle implementada no CLP com o um “software supervisório” tem o objetivo principal de simular os movimentos dos dispositivos, tornando possível a visualização destas sequências de movimentos.

O software supervisório tem sua característica de vinculação com a lógica no CLP através de “Tags” ou “etiquetas,” que atribuem às variáveis do programa nomes que são comuns ao programa do CLP e ao programa que será processado no computador pessoal.

A Figura 70 ilustra a tela 1 do supervisor com os dispositivos externo e interno vinculados e os botões para retirar e recolher os dispositivos, o acesso às telas 2 e 3 é ativado pelo “mouse” nos respectivos botões. Estas telas serão ilustradas nas figuras posteriores.

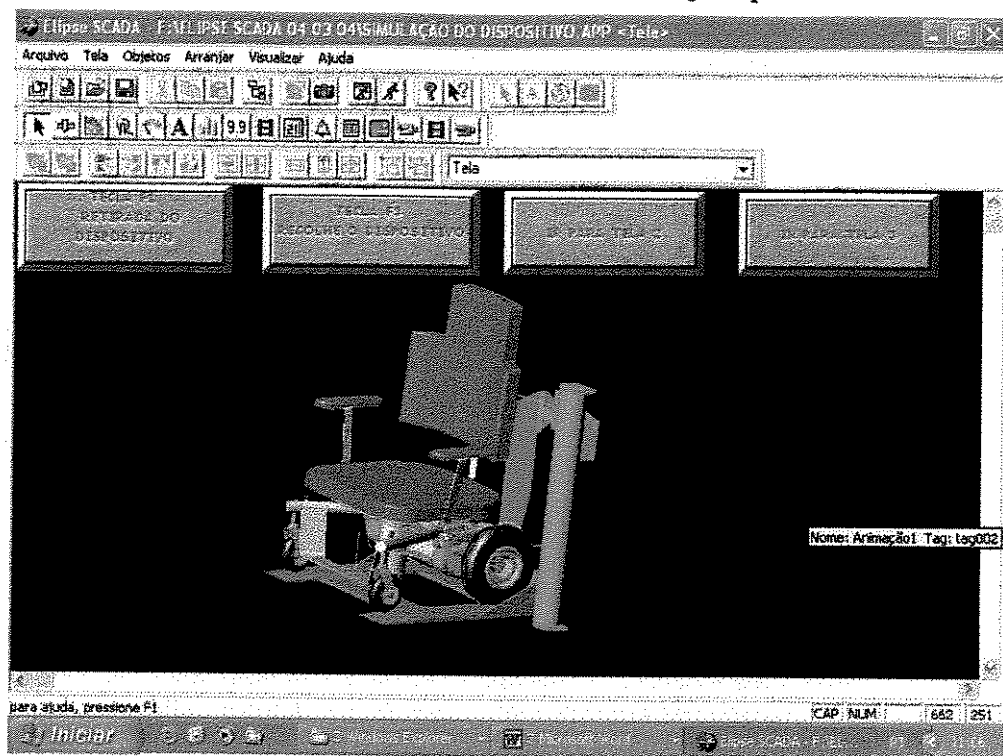


Figura 70-Tela 1 do “Software Supervisor”.

A tela 1 contempla o dispositivo externo vinculado ao interno que está pronto para ser movimentado no sentido de retirada do veículo. Isto ocorrerá através do acionamento da tecla F1 na IHM que está associada a um endereço de memória do CLP, o que fará com que haja mudança de cor no campo do “tag” associado a este endereço de memória, indicando o acionamento. Imediatamente o dispositivo assumirá a sequência de saída, o que será visualizado através da mudança de “frames” na zona de animação do objeto que contém estes “frames” na construção da aplicação no software supervisor. A sequência de “frames” é articulada pela lógica colocada no CLP. Este processo é repetido para todas as animações mostradas nas telas 2 e 3 das Figuras 71 e 72, respectivamente.

A Figura 71 ilustra a tela 2 que contém o dispositivo interno desvinculado do externo com as possibilidades de retirar, recolher o dispositivo ou ainda voltar para a tela 1 que é a tela inicial.

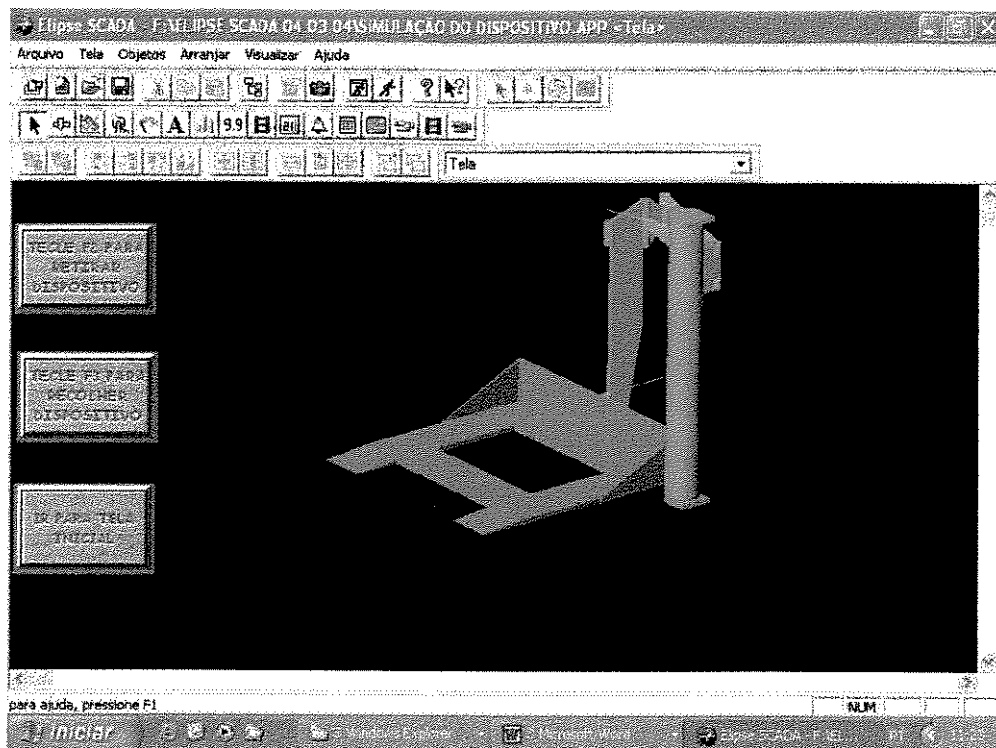


Figura 71- Tela 2 do “Software Supervisório”

Nesta tela vemos os botões que são acionados pelas teclas F2 que retira o dispositivo interno e F3 que por sua vez, recolhe o dispositivo interno da mesma forma que na tela 1. Os botões mudam de cor na tela do computador ao acionar-se na interface homem-máquina as teclas correspondentes. O botão inferior é ativado pelo “mouse” e provoca o retorno à tela 1.

Existem nestas telas “Tags” de diferentes tipos, ou seja, “Tags” do tipo CLP que são vinculados à variáveis do controlador, e “Tags” do tipo “Demo” utilizado para simular variáveis, como os botões acionados pelo “mouse.”

Na Figura 72 temos a Tela 3 do supervisorio onde vemos as possibilidades de expansao, retracao e a simulacao do sinal nos motores de tracao do dispositivo externo.

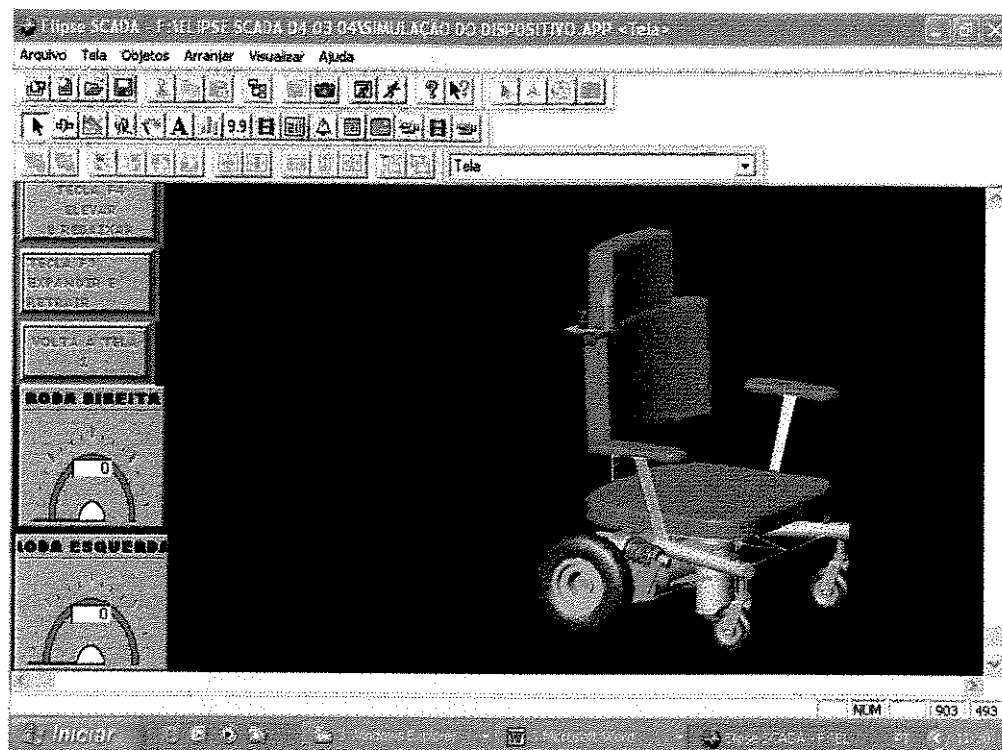


Figura 72- Tela 3 do "Software Supervisorio"

Na tela 3 os comandos de expansao e retracao das rodas assim como o comando de elevacao do acento, sao ativados por teclas (F3 e F4) na IHM que estao associadas a "Tags" que provocam a mudanca de cor no video. O botao inferior e um "Tags" do tipo "Demo" que alterna para a tela 1. Existe um "Tags" associado as variaveis analogicas no CLP que faz a simulacao de variacao de tensao eletrica nas rodas de tracao, e sao mostradas no video por "gauges" onde se vem a variacao analogica do valor que estaria sendo enviado ao motores de tracao.

No "organizer" do "software" podemos declarar todos os "tags" e vincular as variaveis do programa, assim como determinar o "Drive" do CLP que sera utilizado, para que a comunicacao entre o CLP e o software de supervisao ocorra de forma adequada. A Figura 73 ilustra uma tela

do supervisorio onde se definem os "tags" que na nossa aplicação são do tipo CLP ou PLC no inglês.

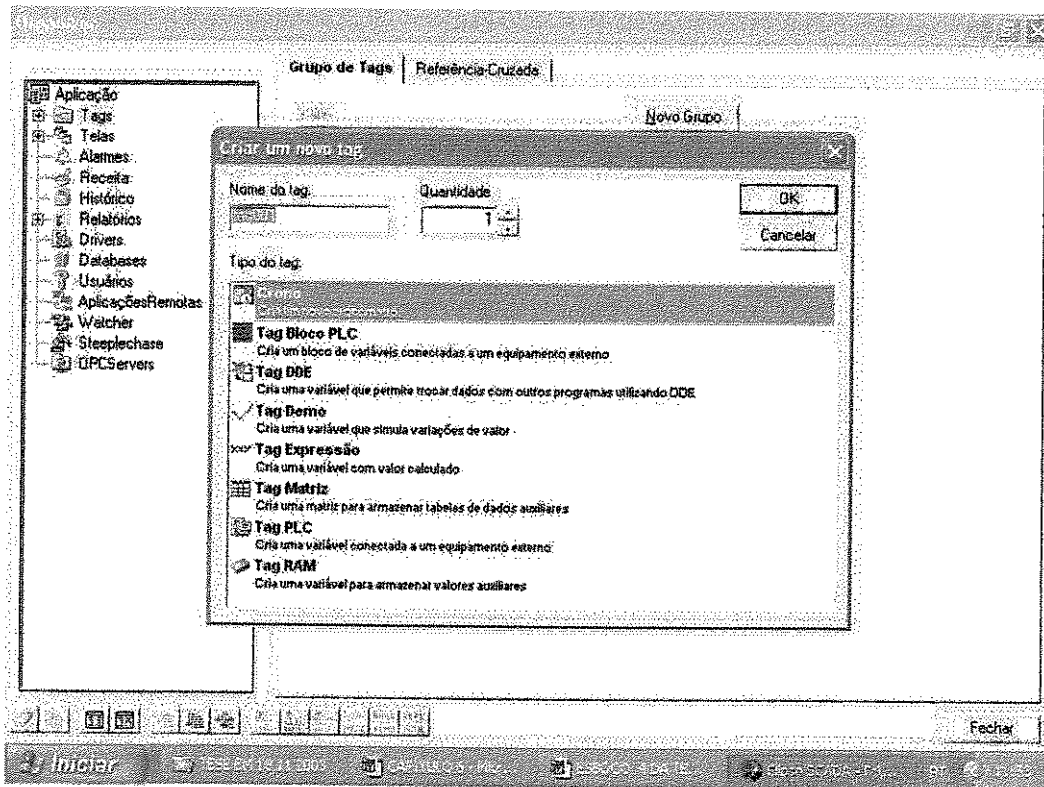


Figura 73- Tela do Organizer de definição dos "Tags"

O sequenciamento desenvolvido pela lógica no CLP irá mostrar na tela do "software supervisorio" as figuras desenhadas pelo Auto -Cad em três dimensões e colocadas na zona de animação ilustrada nas Figuras 70,71,72.Com isto, na medida em que a lógica de controle evolui no CLP, as figuras evoluem sequencialmente pois elas estão vinculadas pelos "Tags" pré-determinados na tela do "Organizer" do supervisorio.

5.4- Conclusões finais do capítulo

Neste capítulo foi estabelecida a lógica de controle a ser implementada no CLP, assim como a distribuição dos pontos de entrada e saída e sua característica em nível e tipo de sinal.

Duas máquinas de estados fazem o controle dos dispositivos interno e externo (cadeira de rodas automatizada) e da interface homem-máquina (IHM). O supervisor utilizado para a visualização e simulação dos movimentos tem papel importante também na simulação da lógica do CLP, servindo de um depurador de possíveis falhas na lógica de controle implementada. O Anexo II detalha o programa de controle dos dois protótipos, externo e interno, fazendo o gerenciamento das mensagens e comandos da IHM.

Naturalmente no processo de construção do dispositivo poderão ocorrer mudanças em detalhes tanto na concepção mecânica de partes dos dispositivos, quanto na lógica de controle. Porém as linhas mestras e a concepção básica estão definidas e prontas para sua construção.

As mensagens programadas para a IHM conduzem, de forma amigável, o usuário no controle de ambos os dispositivos, dando a ele segurança na operação dos mesmos, naturalmente numa fase posterior de construção poderão surgir circunstâncias que levem a colocação de condições lógicas adicionais, esta possibilidade não se constitui num problema de difícil solução, pois a flexibilidade para se implementar ou acrescentar vinculações lógicas no programa elaborado é perfeitamente viável, pois parte-se de um programa estruturado onde eventuais alterações podem ser implementadas sem grandes transtornos ou interferências em outras partes do programa que inviabilizem estas implementações.

Capítulo 6

Análise de resultados, conclusões e perspectivas futuras quanto ao protótipo.

Neste trabalho de pesquisa encontra-se registrada uma concepção para um dispositivo mecatrônico que, em tese, deverá propiciar um incremento nas possibilidades de acessibilidade e mobilidade com ergonomia em veículos automotivos para indivíduos com deficiência física.

Na execução deste trabalho foram consideradas as seguintes etapas:

1. Revisão da legislação pertinente que incentiva a pesquisa e implementação de “ajudas técnicas” pelos órgãos e entidades da Administração Pública. Estas ajudas técnicas podem ser pesquisadas e desenvolvidas por entidades que, na sua essência, detêm todas as condições para este desenvolvimento e implementação prática destas ajudas técnicas, as universidades e seus departamentos de pesquisa.
2. Uma revisão bibliográfica referente a evolução nas últimas três décadas das adaptações em veículos automotivos, para viabilizar meios de acessibilidade e mobilidade para os portadores de necessidades especiais.
3. A apresentação da metodologia e da utilização de ferramentas de medição, de controle, de projeto e de simulação dos dispositivos.
4. A concepção e desenho dos dispositivos interno e externo, seus mecanismos de movimento, sua sensorização e seu controle e visualização de movimentos pela integração da lógica de controle do CLP com o sistema de supervisão com o objetivo adicional de simulação da lógica de controle.

5. Distribuição dos pontos de entrada e saída segundo sua natureza, e identificação destes pontos por mnemônicos para utilização no programa de controle. Implementação em Grafcet do programa controle e integração com o "software supervisorio."

Durante o desenvolvimento do trabalho, considerando-se as limitações de espaço do interior dos veículos automotivos, caminhou-se na direção de uma compactação dos mecanismos da cadeira de rodas e numa concepção mecânica otimizada do dispositivo interno que, em ambos os casos contém um grau razoável de ineditismo, pois esta possibilidade de propiciar autonomia ao indivíduo com deficiência física poder conduzir seu veículo adaptado, entrando e saindo dele de forma autônoma, ainda não está disponível no mercado.

Considerando que o indivíduo com deficiência física deve ter acesso ao mundo do trabalho e da educação, vemos como algo importante esta possibilidade de autonomia na condução de seu veículo, juntamente com a entrada e a saída dele sem a assistência de uma outra pessoa. Frisamos através dos próximos parágrafos a motivação central deste trabalho:

A elaboração de leis que visam à inclusão do portador de necessidades especiais nas rotinas da vida social, em especial, os portadores de deficiências motoras, não lhes garante a aquisição da autonomia no acesso ao seu veículo de condução própria bem como não lhe garante a autonomia no momento do estacionamento e abandono do veículo, rumo as suas atividades de rotina. Em tese, a elaboração de um dispositivo mecatrônico, aliado à cadeira de rodas automatizada, forneceria ao portador de necessidades especiais uma autonomia cujo valor só é estimável para quem não a possui.

Muito mais que idéias ou regras impressas, deve-se caminhar no sentido do concreto, de forma que, desde o óbvio e coerente ato de não se estacionar na vaga destinada a portadores de necessidades especiais, sem possuir essas necessidades, até a priorização na elaboração de equipamentos que contribuam para a autonomia do portador de necessidades especiais, e a viabilização da construção destes equipamentos, sejam realidade patente e palpável.

Algumas conclusões podem ser obtidas através do trabalho desenvolvido:

- ✓ Vemos que a legislação pertinente aponta no sentido da efetivação de providências concretas no processo de inclusão do portador de necessidades especiais, através de dispositivos e equipamentos dedicados e especialmente projetados para este fim. Neste sentido ressaltamos a convergência entre os objetivos deste trabalho e a legislação vigente;
- ✓ Através da junção dos progressos obtidos nas adaptações dos veículos automotivos, com a evolução na concepção dos meios de mobilidade, com o dispositivo mecatrônico desenvolvido neste trabalho, acreditamos estar propiciando uma opção importante de mobilidade e acessibilidade ao portador de necessidades especiais, com ergonomia e segurança na condução autônoma do seu veículo automotivo;
- ✓ Com relação às redes de comunicação veiculares, fica a observação da possibilidade de integração do dispositivo interno de transporte e do dispositivo externo, com os módulos do veículo, tornando este equipamento de auxílio ao portador de necessidades especiais, parte integrante da eletrônica embarcada do veículo, para isto existe a necessidade de uma sensibilização das montadoras neste sentido;
- ✓ Partimos da pesquisa das dimensões veiculares de um veículo com características dimensionais tipicamente propícias para a aplicação deste trabalho, e a partir dos dados colhidos, foram desenvolvidos tanto os mecanismos do dispositivo externo, quanto o dispositivo interno de transporte provando a viabilidade, em termos dimensionais, do projeto.
- ✓ As mensagens programadas para a IHM conduzem, de forma amigável, o usuário no controle de ambos os dispositivos, dando a ele segurança na operação dos mesmos, naturalmente numa fase posterior de construção poderão surgir

circunstâncias que levem a colocação de condições lógicas adicionais. Esta possibilidade não se constitui num problema de difícil solução pois a flexibilidade para se implementar ou acrescentar vinculações lógicas no programa elaborado é perfeitamente viável. Parte-se de um programa estruturado onde eventuais alterações podem ser implementadas sem grandes transtornos ou interferências em outras partes do programa que inviabilizem estas implementações;

- ✓ No processo de construção do dispositivo poderão ocorrer mudanças em detalhes tanto na concepção mecânica de partes dos dispositivos quanto na lógica de controle. Porém as linhas mestras e a concepção básica estão definidas e prontas para dar início à construção e adaptação dos dispositivos aos veículos automotivos.

Alguns aspectos peculiares podem ser destacados em relação a este estudo:

- ✓ No mercado vemos plataformas e rampas que colocam o deficiente e sua cadeira no interior do veículo, porém nenhum deles coloca o deficiente na posição de condutor do veículo adaptado como no caso deste estudo;
- ✓ Em termos de custo, estima-se que as isenções de impostos nos veículos adaptados para pessoas com deficiência (de 30% a 35% do valor dos veículos alvo deste estudo) cubram com sobra os custos dos dispositivos interno e externo;
- ✓ O dispositivo elaborado destina-se a todo indivíduo que utilize cadeira de rodas para sua mobilidade e que, a despeito de suas deficiências, lhe seja possível a obtenção da carteira nacional de habilitação;
- ✓ O tempo de transferência do usuário para o interior do veículo ou para fora dele está estimado em 40 segundos;

Em relação às perspectivas futuras para este dispositivo citamos algumas que podem ser consideradas de maior relevância:

- ✓ Possibilidade de construção do dispositivo baseado na escolha de um dos veículos citados no capítulo 4 deste trabalho, com a perspectiva de parcerias entre empresas, universidade e órgãos públicos;
- ✓ Integração do dispositivo à produção em linha de veículos montados no país;
- ✓ Integração da eletrônica do dispositivo aos módulos eletrônicos embarcados nos veículos automotivos com o compartilhamento de protocolos de comunicação;
- ✓ Aprimoramento da IHM para melhor comunicação entre o usuário e os dispositivos;
- ✓ Diminuição dos custos do dispositivo com sua produção em escala juntamente com as montadoras de veículos e suas fornecedoras de autopeças;
- ✓ Viabilização da instalação do dispositivo em veículos de baixo custo;
- ✓ Projeto de mecanismos de acoplamento para a carga das baterias da cadeira de rodas automatizada pelo sistema de carga do veículo automotivo;
- ✓ Estudos no sentido de viabilizar-se a confecção de cadeiras com mecanismos de compactação mecânica onde o usuário, mediante seu esforço próprio, faça a compactação da cadeira. Naturalmente esta opção estaria vinculada ao estilo de vida do deficiente, notadamente aos que adotam a opção de enfrentar desafios de adaptação e estão habilitados fisicamente a desenvolver estes esforços através dos membros superiores.

Todas estas perspectivas se constituem em desafios para trabalhos futuros, dos quais vislumbra-se um alto grau de motivação na transposição destes desafios, pois ao vencê-los incrementa-se a possibilidade de autonomia daqueles que tanto almejam por ela.

Referências Bibliográficas

- [1][ABNT] Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro. NBR-6023; referências bibliográficas. Rio de Janeiro, 1989. 19 p.**
- [2][ABNT] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9050- Acessibilidade de Pessoas Portadoras de deficiência a Edificações, Espaço, Mobiliário e Equipamentos Urbanos, 56p.,1994.**
- [3]Amaral, Lígia A.; “Pensar a Diferença/Deficiência”, Brasília: CORDE, 1994.**
- [4]Associação Fluminense de Reabilitação; “Estudo Multicêntrico de Prevalência de Incapacidades”, Acordo de Cooperação Técnica Brasil - PNUD - Projeto BRA/90-032, 1994.**
- [5]Araujo, Luiz Alberto David; “A Proteção Constitucional das Pessoas Portadoras de Deficiência”, Brasília: CORDE, 1994.**
- [6]Bahia, Sergio Rodrigues (Coord.); COHEN, Regina; VERAS, Valéria; “Município e Acessibilidade”, Rio de Janeiro: IBAM/DUMA, 1998.**
- [7]Begue,Simom A.M.; “De l’évaluation du préjudice à l’évaluation du handicap”, Paris: Masson, 1986.**
- [8]Bieller, Rosângela Berman (Org.); “Ética e Legislação: Os Direitos das Pessoas Portadoras de Deficiência no Brasil”, Rio de Janeiro: Rotary Club do Rio de Janeiro, Comissão de Assistência ao Excepcional, 1990.**
- [9]BCM Automação Industrial. Manual de Configuração e Programação de CLP, São Paulo,150p. ,2002**

- [10] Bolton, W. Engenharia de controle. São Paulo, Makron Books, 497 p., 1995
- [11] Manual de utilização do Braço Articulado. Braço Articulado Faro da Mitutoyo, São Paulo, 123p. , 1999.
- [12] Brasil, Coordenadoria Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. "Anais do VI Seminário sobre Acessibilidade ao Meio Físico (VI SIAMF)", Brasília, 1994.
- [13] Brasil, Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999. Disponível em Ministério do Trabalho site: www.mtb.gov.br/temas/FiscaTrab/Legislacao/Programa/conteudo/3.298.asp , acessado em 20/2/2002.
- [14] Browning, Drew R., Trimble, John, Song, Shin-Min, Priemer, Roland, Zhang, Chung-de. Legged Mobility a Wheelchair Alternative, 12p., 1996 . Disponível em: [Http://bucky.aa.uic.edu/DVL/drcw/leggs.html](http://bucky.aa.uic.edu/DVL/drcw/leggs.html) , acessada em 07/10/2001.
- [15] Buogo, Silvana; "Ação para o cumprimento das Normas", In "Anais do VI Seminário sobre Acessibilidade ao Meio Físico (VI SIAMF)", Brasília: Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE), 1994.
- [16] Cadeiras de Rodas Motorizadas Freedom. Disponível no site www.freedom.ind.br, acessado em 10/12/2002.
- [17] Cadeira de Rodas Motorizadas Kapra Medient Jazzy, Disponível no site www.Kapra.com.br acessado em 10/12/2002.
- [18] Calvino, Italo; "As Cidades Invisíveis", São Paulo: Companhia das Letras, 1993.
- [19] Carmo, Apolônio Abadio do; "Deficiência Física: a sociedade brasileira cria, 'recupera' e discrimina", Brasília: MEC, Secretaria de Desportos, 2 Ed., republicado através do convênio SEDES/ABDA, 1994.
- [20] Classificação Internacional de Impairments, disabilities and handicaps. Helios Flash, Jornal do programa comunitário para assistir pessoas deficientes. Comissão Européia, Diretoria Geral de Emprego, Relações Industriais e Assuntos Sociais, n. 16, maio/jun. 1996.
- [21] Cohen, Regina; "Urbanismo e Acessibilidade", Crônica In Jornal Superação, Ano VII, N. 6, Rio de Janeiro, Out/Nov/Dez, 1993.
- [22] Covre, Maria de Lourdes Manzini; "O que é Cidadania", São Paulo: Brasiliense, 1993.
- [23] Craig, J.J. Introduction to Robotics. Mechanics and control. NY, USA: Addison- Wesley Publishing Company, 580 p ,1986.

- [24] **Crespo, Ana Maria Morales**; "O que certos conceitos significam", In Revista Integração, São Paulo, ano 5, N. 20, março/93, p. 18.
- [25] **Dorf, Richard C.; BISHOP, Robert H.** Sistemas de controle modernos. 8. ed. Rio de Janeiro, LTC, 659 p., 1998.
- [26] **Driver BCM1 Master Slave para Elipse.** CLP's BCM modelos GP3000, 1086A, 1088, 2085B (CPU4-A, CPU6), São Paulo, 6 p., 27/03/2003.
- [27] **Duarte, Christiane**; "Ideas into Action for the accessibility rights in a developing country", In Anais da "7 th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled People", Reading, Berkshire, United Kingdom, Julho 1995.
- [28] **Duarte, Christiane Rose**; "Segregação e Exclusão Sócio-Espacial: A Questão dos Portadores de Deficiência Física", In Anais do "VI Encontro Nacional da ANPUR: "Modernidade, Exclusão e Espacialidade do Futuro", Brasília, 1995.
- [29] **Duarte & Tenreiro.** Controlo de Trajectórias de Robots Redundantes Através de Matrizes Pseudoinversas Revista Robótica e Automatização, Portugal, n. 36, p. 12-15, 3º Trimestre, 1999.
- [30] **Elipse Software.** Manual de configuração e utilização do Software SCADA 2.22 SP20, São Paulo, 186p., 2003.
- [31] **Festo Didactic.** Introdução a controladores lógicos programáveis. São Paulo, 200 p., 1991.
- [32] **Fiat Automóveis S/A,** Manual de Treinamento do Programa Autonomy, Betim- Minas Gerais, 71 p, 1982
- [33] **Fiat Automóveis S/A,** Manual de Treinamento do Programa Autonomy, Betim- Minas Gerais, 40 p, 1997.
- [34] **Fundo de Solidariedade do Estado de São Paulo (FUSSESP).** Setor de Documentação Técnica; "Direitos das Pessoas Portadoras de Deficiência". São Paulo, 1992.
- [35] **Georgini, Marcelo.** Automação aplicada descrição e implementação de sistemas sequenciais com PLCs. São Paulo, Erica., 216 p., 2000.
- [36] **Guimarães, Marcelo Pinto**; "Behavioral Factors in Barrier-Free Design", Tese de mestrado em arquitetura, State University of New York at Buffalo, 1990.
- [37] **Gadi Kaplan,** "Manufacturing à la Carte", IEEE Spectrum, Sep. 1993. G. Chevalier e B. Guillosson, "Le Grafcet", Dunod, 1981.
- [38] **Guidosimplex Drive Ltda.,** Adaptações de veículos, disponível em www.guidosimplexdrive.com.br, acessado em 05/06/2002.

- [39] Kowalski, J. "Automation and Business Management are Growing Together", Engineering & Automation, pg. 30, 1-2, 1997.
- [40] Kumar, Vijay, Rahman, Tariq, Krovi, Venkay. Assistive Devices for People with Motor Disabilities, 1997. Disponível em: www.Cim.mcgill.ca/~venkat/Publications/Wiley.pdf, acessada em 06/10/2001.
- [41] Lei Nº 7853", de 24 de outubro de 1989. Dispõe sobre o apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social, sobre a Coordenadoria Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência, CORDE, 1989.
- [42] Lanchoti, José Antonio; "Deficiência Física: Eu Não Tenho Este Problema!", Proposta para um Plano Municipal de Eliminação de Barreiras Arquitetônicas e Urbanísticas, VI Conferência do Distrito 45-40, Universidade de Franca, maio/1995.
- [43] Lefebvre, Henry; "O Direito à Cidade", Trad. FRIAS, Rubens Eduardo, São Paulo: Ed. Moraes, 1991.
- [44] Lemos, Bernardo; "A integração da pessoa portadora de deficiência no mercado de trabalho: A experiência do SERPRO/RJ". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ATIVIDADE MOTORA ADAPTADA, 2., Uberlândia. Anais..., 1997.
- [45] LM Criações e Adaptações em veículos automotivos. Disponível em LM criações e Adaptações no site www.lmrio.com.br/link9.htm, acessado em 05/06/2002.
- [46] Lynch, Kevin; "Good City Form", Massachusetts Institute of Technology, London: The MIT Press, 1994.
- [47] Maior, Izabel M. M. de Loureiro; "Políticas públicas sociais para as pessoas portadoras de deficiência no Brasil", In: POLÍTICAS públicas e inclusão social: a visão das organizações não governamentais. São Paulo: CEBRAP, 1997 (Cadernos de Pesquisa, 7).
- [48] Mandado, Perez Enrique; ACEVEDO, Jorge Marcos; PEREZ LOPEZ, Serafim Alfonso. Controladores Lógicos y Automatas Programables. 2. ed. Barcelona, Marcombo, 1992.
- [49] Mettetal-Dulard, Lucile; "Les personnes handicapées physiques et la ville des autres", Tese (Mestrado em Urbanismo), Institute d'Urbanisme de Paris, Université Paris XII, 1994.
- [50] Moraes, Cícero Couto de; CASTRUCI, Plínio de Lauro. Engenharia de automação industrial. Rio de Janeiro : LTC., 295 p., 2001
- [51] "Mídia e Deficiência: Manual de Estilo". Brasília, CORDE, 1992.
- [52] Natale, Ferdinando. Automação Industrial. São Paulo, Erica, 234 p. il., 2000.

- [53]Ogata, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. 3. ed. Rio de Janeiro, Prentice-Hall, 813 p., 1998.
- [54]**Organização das Nações Unidas (ONU); “Declaração dos Direitos das Pessoas Deficientes”, 1975.**
- [55]**Organização Mundial de Saúde (OMS); “Classificação Internacional das Deficiências, Incapacidades e Desvantagens” (1980), In “Um Manual de Classificação das Consequências das Doenças”, Lisboa: Secretariado Nacional de Reabilitação, 1995**
- [56]**“Os Direitos das Pessoas Portadoras de Deficiência”. Brasília, CORDE, 1994.**
- [57]Pedrosa Luis; “Pesquisa sobre deficiência resolve falta de censo”, In *Jornal Superação*, Rio de Janeiro: Centro de Vida Independente, março a maio de 1995.
- [58]**Pessoas Portadoras de Deficiência Física - O Direito à Locomoção: Declaração”, In “Manual de Direitos Humanos”, Secretaria Nacional de Direitos Humanos, Universidade de São Paulo, UNESCO, maio 1998.**
- [59]Pinheiro, Humberto Lippo; “Reflexões sobre a Dimensão Política das Barreiras setembro de Arquitetônicas”, In *Jornal Superação*, Rio de Janeiro: CVIRJ, Ano III, n.8, Especial, abril a 1994.
- [60]Pinho, José Luiz de; “Deficientes fazem protesto no Metrô por maior facilidade de locomoção: três atletas paraolímpicos participaram do ato, chamado de ‘Dia do Cumpra-se’”, In *Jornal O Globo*, Rio de Janeiro: 27/9/96, p. 16.
- [61]**“Programa de Ação Mundial para as Pessoas com Deficiência”, CUNHA, Edilson Alkmin da(Trad.). Brasília: CORDE, 1996.**
- [62]**“Projeto: ‘Cidade para Todos’ - Programa de Remoção de Barreiras ao Portador de Deficiência”. Brasília, CORDE, 1994.**
- [63]**Peugeot - Manual sobre Multiplexagem redes CAN e redes VAN, apresentação sobre o Peugeot 607 e os sistemas de multiplexagem, 193p, 2001.**
- [64]Ribas João B. Cintra; “O que são pessoas deficientes”, *Coleção Primeiros Passos*, São Paulo: Nova Cultural/Brasiliense, 1985.
- [65]**Real Patronato de Prevención y de Atención a Personas con Minusvalía de España, “Programa de Acción Mundial para las Personas con discapacidad”, La Voz de las personas con discapacidad de America Latina - separata. out.1991.**
- [66]**Robert Bosh Corp, DC Electric Motors Bosh Manual, USA, 15 p. 2001.**

- [67]Sasaki, Romeu Kazumi; "Inclusão: construindo uma sociedade para todos", Rio de Janeiro: WVA, 1997.
- [68]Santos, Milton; "O Espaço do Cidadão". São Paulo: Nobel, 1993 (Coleção Espaços).
- [69]Satow, Suely H.; "O Projeto de Ser Gente: construção da identidade na exclusão", Tese de doutorado, PUC-SP, 1994.
- [70]Savater, Fernando; "Las Ciudades Inaccessibles", In *Accessibilidad y Barreras Arquitectónicas*, Revista de Serveis Socials do Generalitat Valenciana, N. 20/21, 1992.
- [71]Steinfeld, Edward; "Arquitetura através do Desenho Universal", In "Anais do VI Seminário sobre Acessibilidade ao Meio Físico (VI SIAMF)", Brasília: Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE), 1994.
- [72]V. Chapurlat e F. Prunet, "Presentation du GRAFCET: Graphe Fonctionnel de Commande Etape/Transition", <http://www.cerie.fr/~chapurla>. Telemec, "O GRAFCET - Diagrama Funcional para Automatismos Sequenciais", 1986.
- [73]Warnock, I., *Programmable Controllers, operation and application*, Prentice Hall, 1988.
- [74]Webb, J., *Programmable Logic Controllers, Principles and Applications*, 2nd edition, Macmillan Publishing Company, 1992.

Anexo I

Opções de sensorização dos dispositivos eletromecânico externo e interno.

Os sistemas de tração retrátil, de expansão das rodas dianteiras e o sistema telescópico de elevação, os atuadores do dispositivo interno, serão movidos por motores de corrente contínua, estes sistemas ao concluírem sua movimentação, tanto no sentido de expansão quanto no sentido de retração, deverão ter seu desacionamento num tempo adequado para que a sobre-corrente não cause danos aos atuadores nem aos mecanismos de acionamento.

Uma opção para o desligamento dos atuadores seria a colocação de chaves fim-de-curso, montados estrategicamente sobre os mecanismos acionando no extremo de cada movimento, a Figura A1 ilustra um componente que pode ser utilizado para esta finalidade.

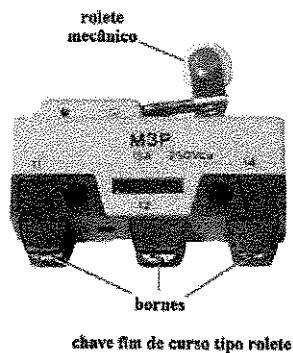


Figura A1.1- Chave limite para detecção de final de curso.

Outra possibilidade é o uso de um sistema de sensorização da corrente destes atuadores, onde através de uma resistência "shunt" que estará submetida à corrente do motor e produzirá

uma tensão em seus terminais, esta tensão sendo colocada numa entrada analógica do controlador lógico programável (CLP) permitirá, através de “software”, e da colocação de um filtro de tempo, diferenciar o transitório de partida dos motores, da conclusão de movimento dos mecanismos.

Quando a corrente ultrapassar o limite da corrente nominal por um tempo superior ao tempo do transitório de partida, o controlador irá desativar estes atuadores e através da interface homem-máquina avisará ao usuário da conclusão do movimento, assim o usuário cessará o acionamento daquele atuador que já estaria desativado pelo CLP, mesmo que o usuário permaneça comandando aquele movimento já concluído.

A Figura A 1.2 ilustra este sistema de sensorização da corrente dos atuadores descrito no parágrafo anterior.

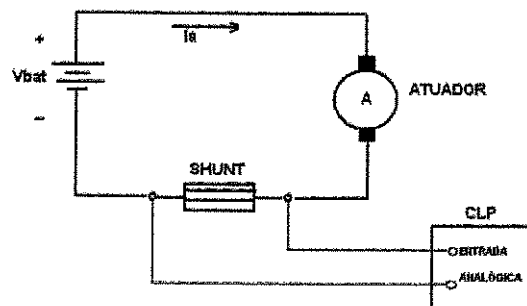


Figura A 1.2 - Sistema de sensorização da corrente dos atuadores.

Para a proteção dos motores do sistema retrátil de tração, a determinação do valor do componente resistivo é fundamental, com o dimensionamento adequado das resistências “shunt” de acordo com a corrente dos atuadores envolvidos, teríamos uma proteção adequada se esta opção de indicação de final de curso for aplicada.

O “software” que fará o controle de tração, o controle dos movimentos dos mecanismos de expansão e retração da base da cadeira de rodas automatizada, o de elevação do banco pelo sistema telescópico, assim como o controle do dispositivo interno e o diálogo entre usuário e controlador através da interface homem-máquina utilizará estes sensores como elementos de entrada de sinais para o controle.

Os sistemas de expansão e retração não poderão mover-se enquanto a cadeira estiver no interior do veículo, assim sendo será necessário um sensor colocado na cadeira que indicará a proximidade de uma parte do veículo quando a cadeira estiver no seu interior, bloqueando assim o movimento dos sistemas de expansão e retração e avisando o usuário para que aborte este comando.

Para a finalidade de controlar o movimento do sistema de expansão, estaremos utilizando um sensor óptico reflexivo que emitirá um sinal para uma entrada digital do CLP, controlando os movimentos dos sistemas de expansão e retração quando a cadeira estiver no solo ou inibindo quando estiver no interior do veículo.

A possibilidade de escolha de um sensor óptico para esta finalidade deve-se ao fato da sensorização ter que se dar independente do material, além do fato da distância entre o sensor e a parte fixa no veículo poder ser superior a 2cm, nestas condições o sensor óptico é uma opção interessante, pois além das características de sensorização citadas, o sensor óptico vem equipado com um potenciômetro de ajuste da sensibilidade de sensorização, o que permite uma flexibilidade na sua instalação.

A Figura A 1.3 ilustra o sensor óptico reflexivo que será utilizado para a finalidade descrita nos parágrafos anteriores.

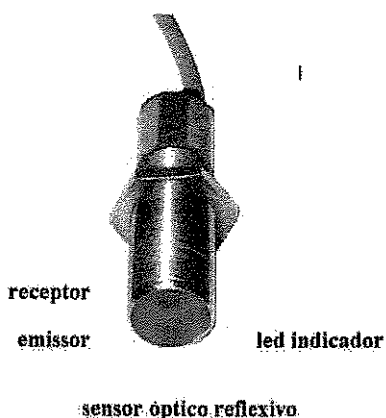


Figura A 1.3- Sensor Óptico Reflexivo.

Um outro sensor poderá ser utilizado para indicar a indexação da cadeira ao dispositivo interno de transporte, numa idéia preliminar será utilizado um sensor de proximidade do tipo indutivo, pois devido ao fato das distancias de sensorização serem menores e do sensor ter um acionamento seletivo, ou seja, somente metais são detectados, teria características interessantes para nossa aplicação, pois quando existe o encaixe dos dois dispositivos, ele pode ser diferenciado como um encaixe adequado por um sensor que tem seu acionamento vinculado a poucos milímetros e sendo seletivo só acionará com a parte metálica correspondente da cadeira de rodas automatizada, um conjunto de sensores indutivos com diversos diâmetros é ilustrado na Figura A 1.4.

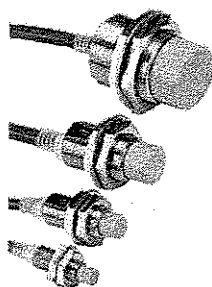


Figura A 1.4- Sensores indutivos com diâmetros diversos.

Para o controle da velocidade e da trajetória da cadeira será necessária a utilização de “encoders” nas rodas de tração, os “encoders” são sensores digitais comumente aplicados para fornecer a realimentação de posição e velocidade em atuadores; são compostos por discos de vidro ou plástico que giram entre uma fonte de luz e um par de fotodetectores; o disco é codificado com setores alternados de transparência e opacidade, gerando pulsos de luz e ausência de luz, quando o disco gira. A Figura A 1.5 ilustra um “encoder” com as partes descritas.

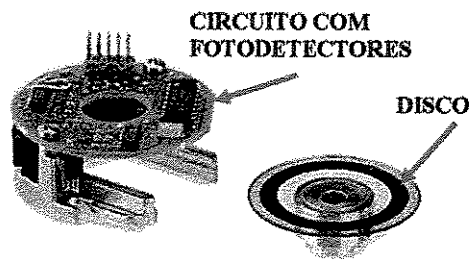


Figura A 1.5-Encoder para controle de velocidade.

Para o controle da velocidade da cadeira e da sua trajetória se utilizará um “Joystick” do tipo resistivo, que enviará sinais às entradas analógicas do CLP que irá modular a tensão nos motores de tração através das saídas analógicas mediante a realimentação dos “encoders”. A Figura A 1.6 ilustra um “joystick” do tipo resistivo do fabricante ETI- systems que permite variar o valor do sinal em 2 eixos no plano X/Y através do manipulador do “Joystick”.

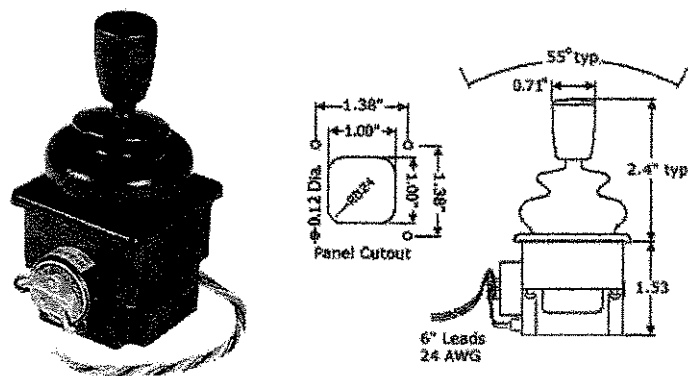


Figura A 1.6- Joystick resistivo da ETI- systems.

Anexo II

Grafcet e representação da lógica de controle

Os complexos sistemas de controle discreto levaram pesquisadores franceses a reunirem-se para comparar e avaliar modelos e métodos para construção de sistemas sequenciais. Um dos modelos utilizados eram as “Máquinas de Estado” ou “Redes de Petri”.

A partir deste modelo através de uma customização aos sistemas de manufatura surgiu o GRAFCET , derivado de “Grafh” o que caracterizava o modelo gráfico adotado e AFCET(Association Française de Cybernetique Économic et Technique).

As entidades associadas a esse modelo de controle discreto são:

- Estados, etapas ou lugares com a ação associada;
- Transição com a condição associada à transição.

Os estados podem estar ativos ou inativos, sendo que apenas um estado será ativo num dado instante. A ação associada ao estado só será executada se aquele estado estiver ativo, ficando inalterada se o estado estiver inativo.

A mudança de estados ocorre mediante a transição vinculada ao estado, ou seja, se o estado estiver ativo, aquela transição será examinada e se ela for verdadeira haverá a comutação para o estado seguinte vinculado à transição examinada e verdadeira.

Quando ocorre a comutação, o estado ativo passa a ser o que era o estado de destino da transição examinada, e o estado de origem que estava ativo no instante em que a transição estava

sendo examinada torna-se inativo. Assim apenas um estado estará ativo num dado momento.

As ações associadas ao estado que se tornou inativo deixam de ser realizadas, e as ações do estado que se tornou ativo passam a ser executadas.

O Grafcet passou a ser uma norma quando a IEC(International Eletrotechnical Comission) passou a adotar o Grafcet como norma internacional com a denominação de “Sequencial Function Chart” –SFC, que seriam os diagramas funcionais seqüenciais que passaria a ser referenciada recentemente pela norma IEC 60848.

Os SFC contém elementos básicos para sua representação, estes elementos são:

- Estados ou etapas;
- Transições
- Ligações Orientadas

Estados ou Etapas

Cada etapa é representada por um quadrado sendo que a etapa inicial é representada por um quadrado duplo. Um número identifica a etapa, logicamente este número não pode identificar duas etapas diferentes.



Figura A2.2- Representação de etapas

O número de identificação das etapas virá no interior do quadrado representativo da etapa, como mostra a Figura A2.3.



Figura A2.3- Identificação das etapas

Nas etapas temos normalmente a associação de ações que são executadas quando o estado respectivo está ativo. A Figura A2.4 ilustra uma etapa com ações associadas a ela onde temos a ação de tornar a variável digital "BAdi" igual a "1" e atribuir o valor "20" para a variável "MTdir"

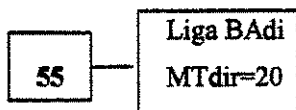


Figura A 2.4- Ações associadas a uma etapa

Em determinadas situações a ação associada a uma etapa é de espera, ou seja, aguarda-se que uma determinada condição seja satisfeita ou mesmo que um tempo seja decorrido para que se transite para uma outra etapa. Neste caso nenhuma ação específica é desencadeada nesta etapa.

Transições

A transição é o vínculo entre as etapas, se ela for verdadeira habilitará a comutação entre a etapa de origem e a etapa de destino, a qual ela está vinculada. A Figura A2.5 ilustra a transição de uma etapa com sua condição lógica determinando a condição de transição.

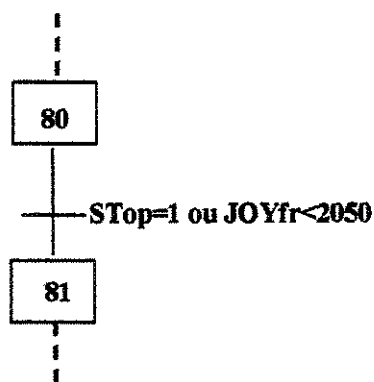


Figura A2.5- Condição associada à transição.

Na Figura A4.4 vemos que a transição da etapa 80 para a etapa 81 está condicionada a duas condições opcionais, ou seja, ou a variável digital STop tem valor 1 ou a variável analógica

JOYfr tem um valor inferior a 2050. Em qualquer um dos casos haverá a transição do etapa 80 para a etapa 81.

De uma única etapa podem surgir diversas transições como ilustra a Figura A2.6, neste caso a transição que for satisfeita no primeiro instante comandará a comutação, caso haja indicação de prioridade, o fluxo do programa se dará no sentido indicado pela transição prioritária. O número 1, indica que a transição vinculada ao STop é prioritária.

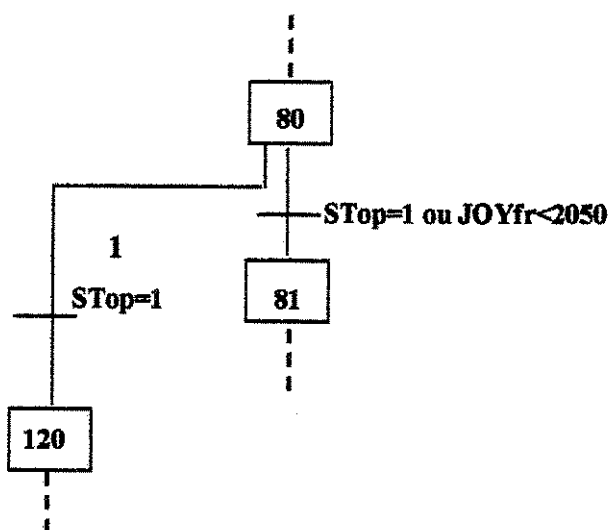


Figura A 2.6- Transição prioritária

As transições podem estar associadas a um tempo, ou seja, o estado ativo permanece ativo por um determinado espaço de tempo, e após este tempo se torna inativo e habilita o próximo estado. A Figura A2.7 ilustra esta situação onde após dois segundos da ativação do estado 99 haverá a transição para o estado 100.

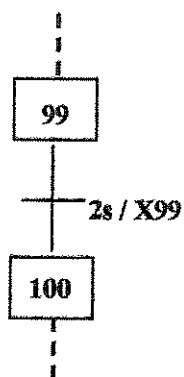


Figura A2.7- Transição condicionada a tempo.

Com relação à fluxos onde a representação é complexa e existe a necessidade de se indicar a transição para outras partes do processo que não estão na mesma folha, utiliza-se a indicação através de setas e círculos como ilustra a Figura A 2.8.

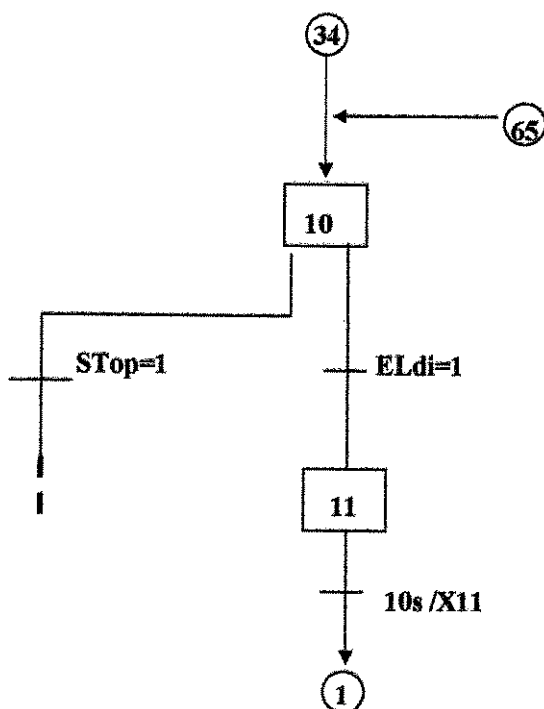


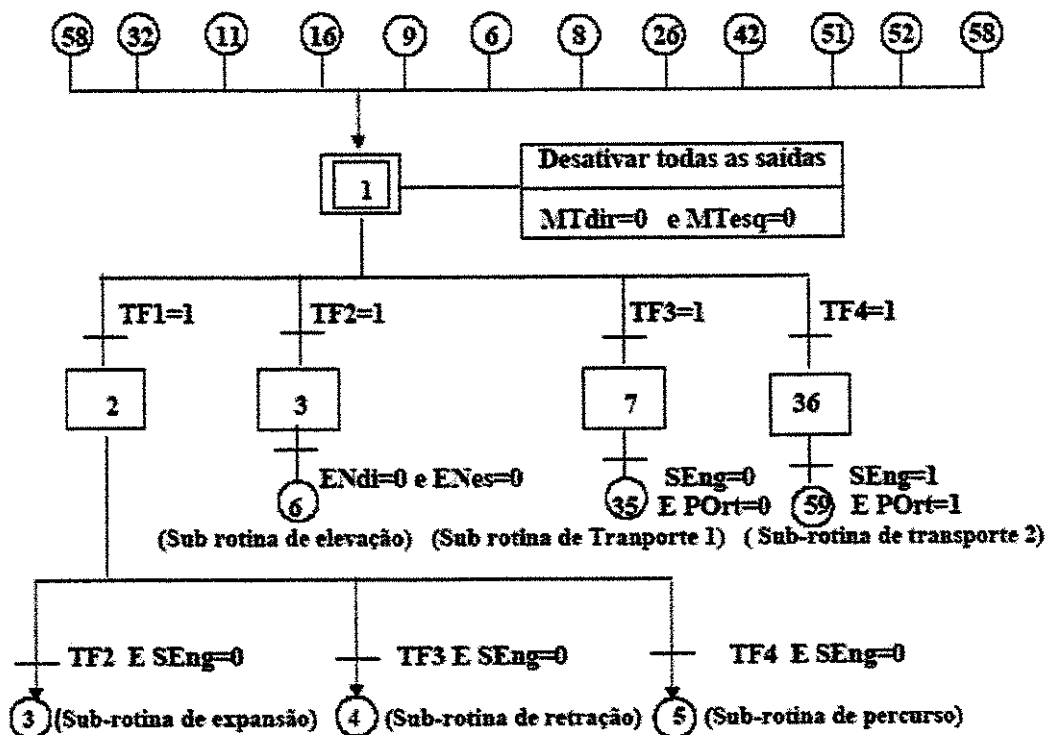
Figura A2.8- Indicações de fluxo do programa.

Um processo pode conter um ou vários estados iniciais, sendo que o estado inicial é representado da forma diferenciada já descrita. O fluxo dos processos sempre se iniciará pelos estados iniciais. No caso de CLP's a maneira como a varredura do programa se efetuará irá depender das características de cada fabricante. Um processo usual é iniciar-se a varredura pelo estado de menor número indicado como inicial, e de forma paralela a varredura examina as transições vinculadas aos outros estados iniciais que existem na lógica de programa, seguindo assim de forma paralela os processos indicados por estados iniciais.

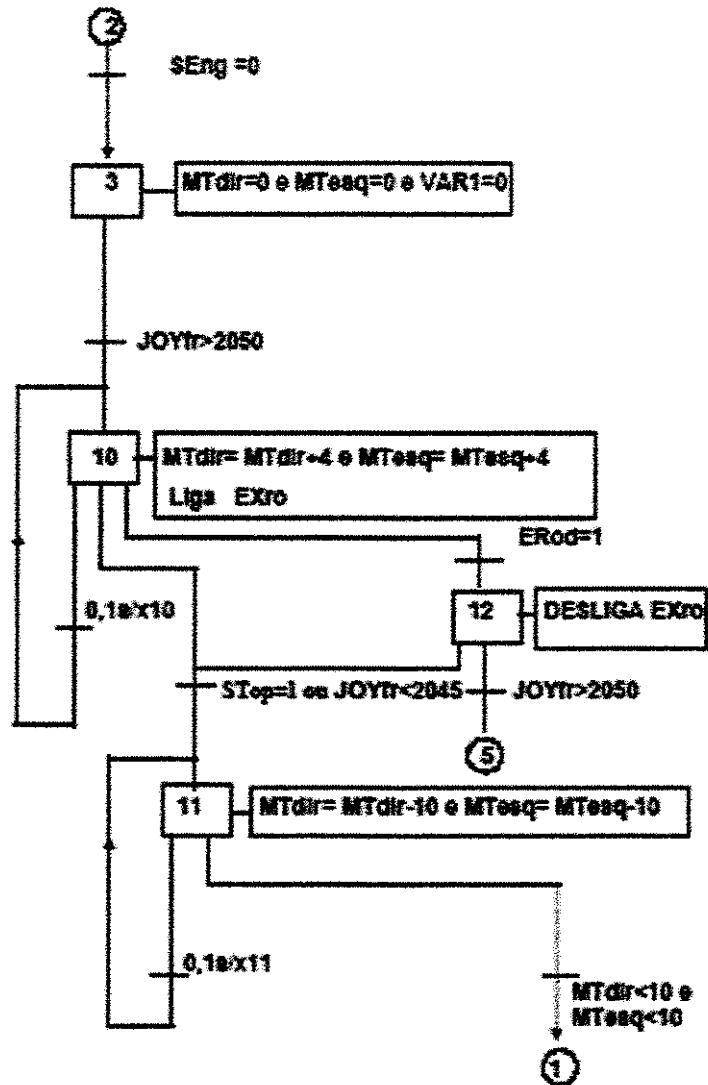
Considerando a lógica de controle descrita neste Anexo II para os dispositivos interno e externo e para a IHM, colocamos em seguida algumas considerações importantes para o entendimento do programa:

- 1- O programa é contituído de duas máquinas de estados distintas, ou seja, a maquina de estados que controla a cadeira de rodas automatizada e o dispositivo de transporte interno se iniciando no estado 1 . A outra máquina controla as mensagens que são colocadas na IHM se iniciando no estado 70, os vínculos lógicos se estabelecem no instante em que nas transições existem as condições lógicas que remetem ao estado da “máquina de estados 0” denominada a máquina que controla os dispositivos e de “máquina de estados 1” a que controla a IHM. Assim sendo vemos no programa transições do tipo “ EST0=64”, por exemplo, o que significa que para se transitar para o próximo estado na máquina de estados onde se encontra a transição é necessário que na outra máquina o estado ativo seja, no caso do exemplo citado, o estado 64.
- 2- Transições com prioridade são indicadas pelo número “ 1” , ou seja se esta transição não estiver satisfeita, o programa seguirá o fluxo das outras transições secundárias.
- 3- Na máquina de estados que controla os dispositivos é feito menção das mensagens na IHM, apenas para facilitar o entendimento do fluxo do programa.

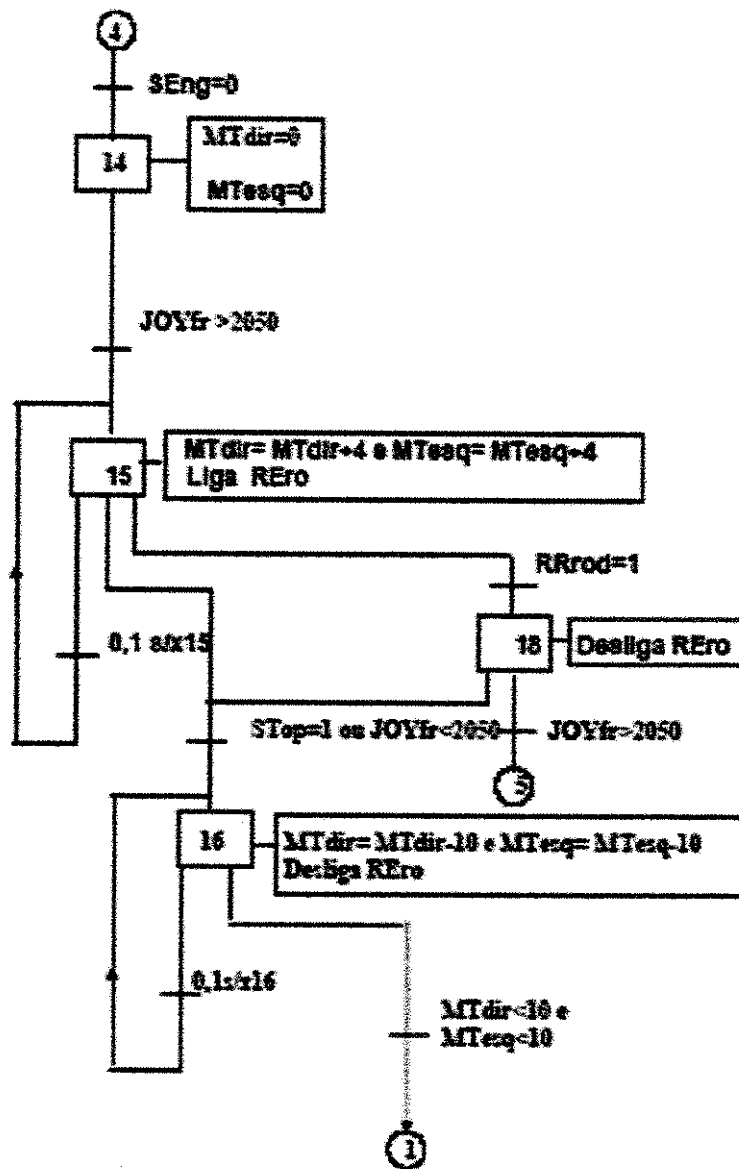
ROTINA DO DISPOSITIVO EXTERNO E CHAMADA DE ROTINAS DE TRANSPORTE
PARA O DISPOSITIVO INTERNO.



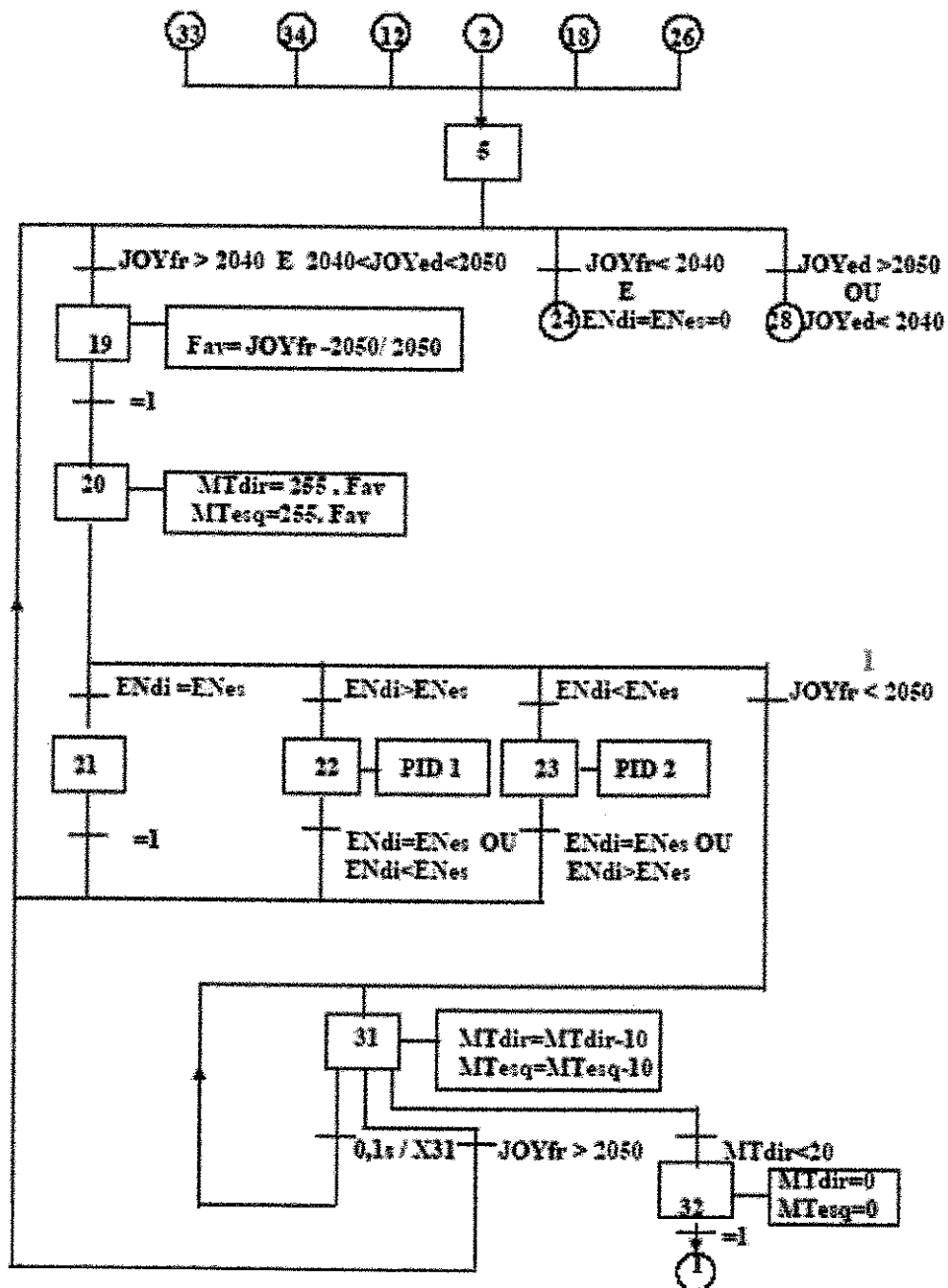
ROTINA DE EXPANSÃO DO DISPOSITIVO EXTERNO.



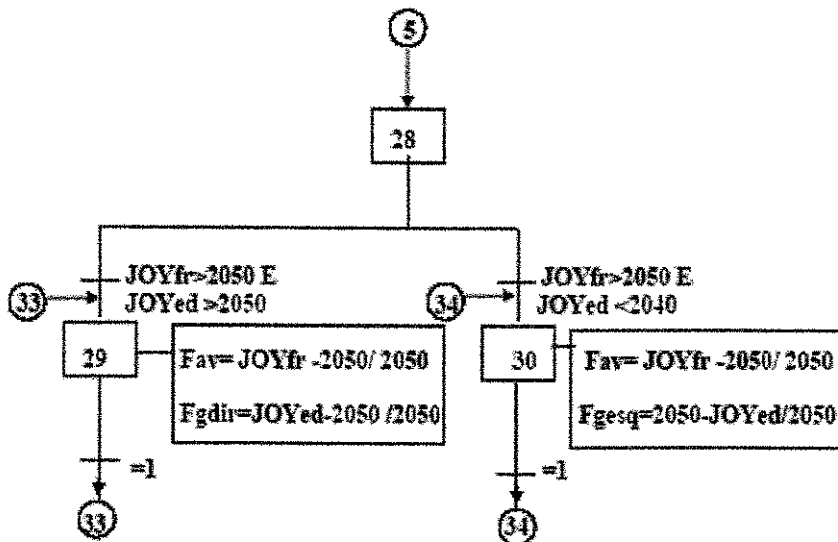
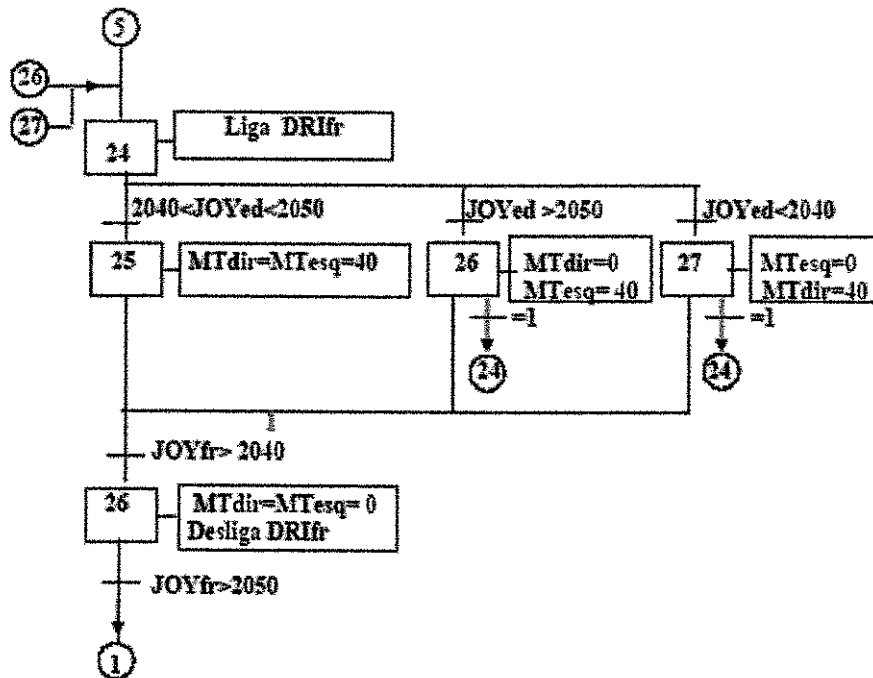
SUB ROTINA DE RETRAÇÃO DO DISPOSITIVO EXTERNO



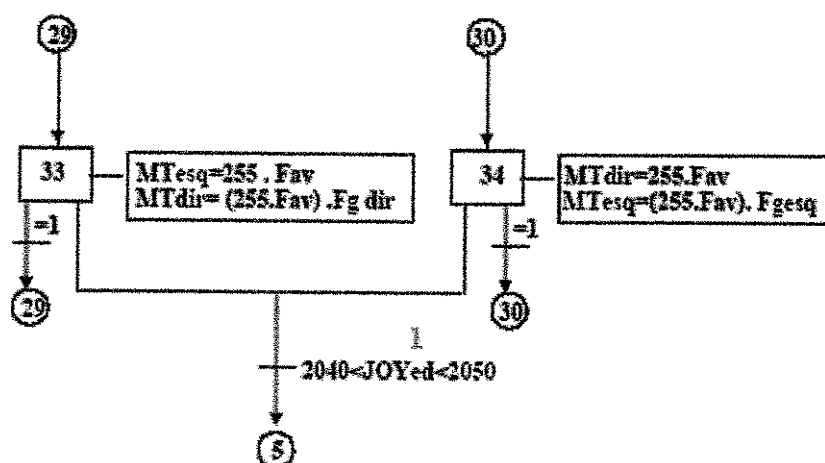
SUB ROTINA DE PERCURSO



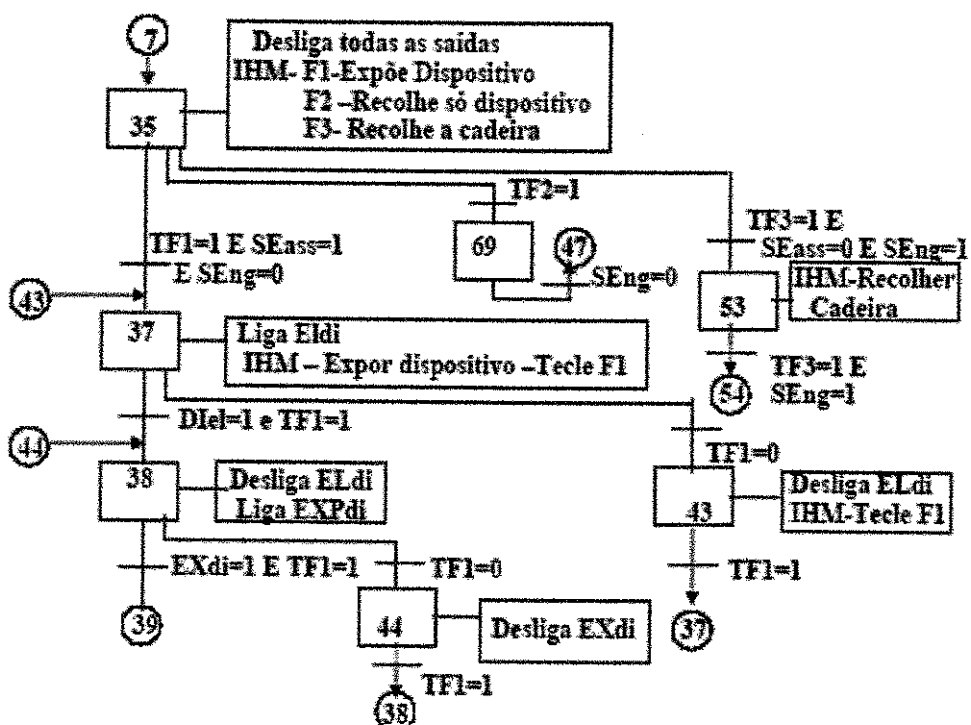
SUB ROTINA DE PERCURSO MARCHA-RÉ



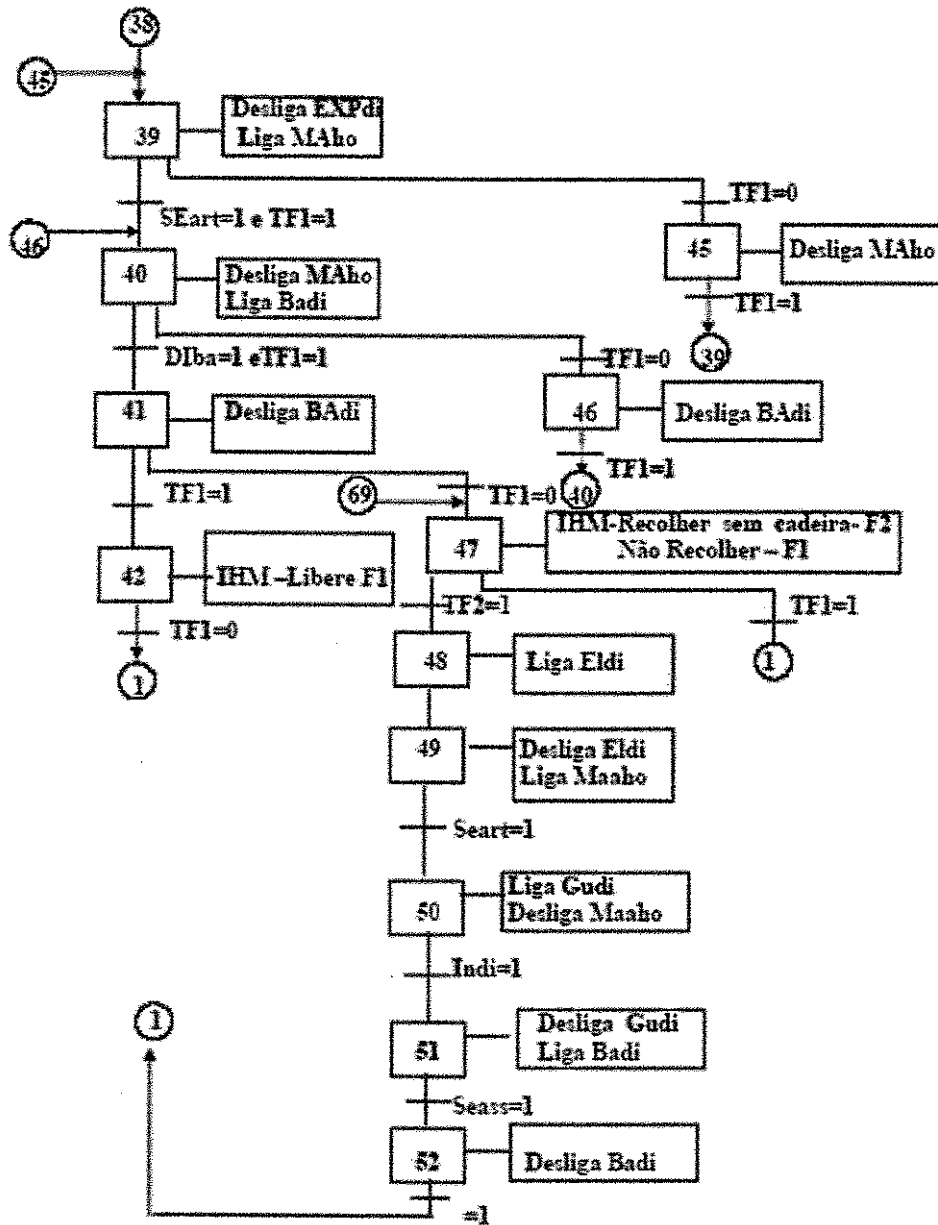
SUB ROTINA DE PERCURSO MARCHA-RÉ (CONTINUAÇÃO)



SUB ROTINA 1 -EXPOR O DISPOSITIVO INTERNO E RECOLHÊ-LO COM O USUÁRIO



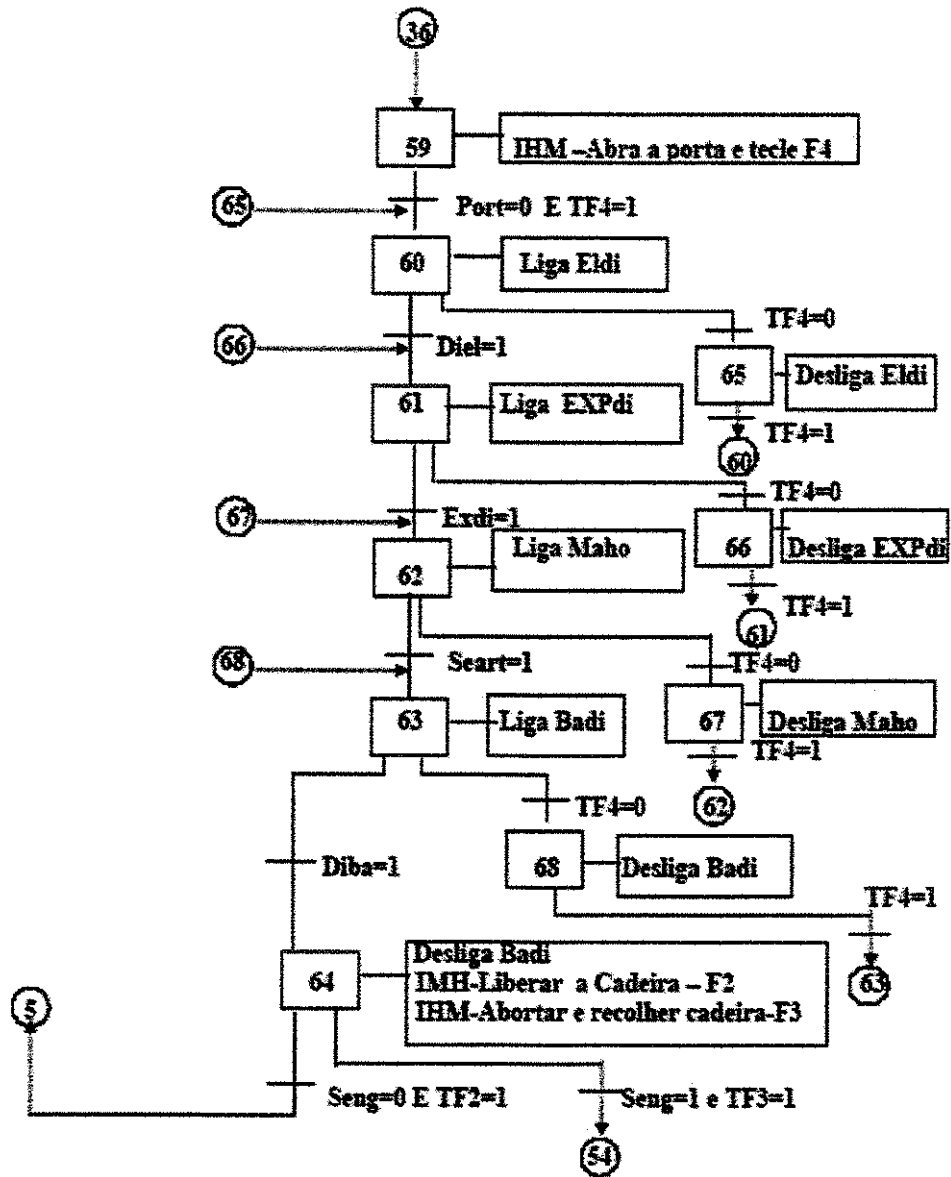
SUB ROTINA 1 PARA EXPOR O DISPOSITIVO INTERNO
(CONTINUAÇÃO)



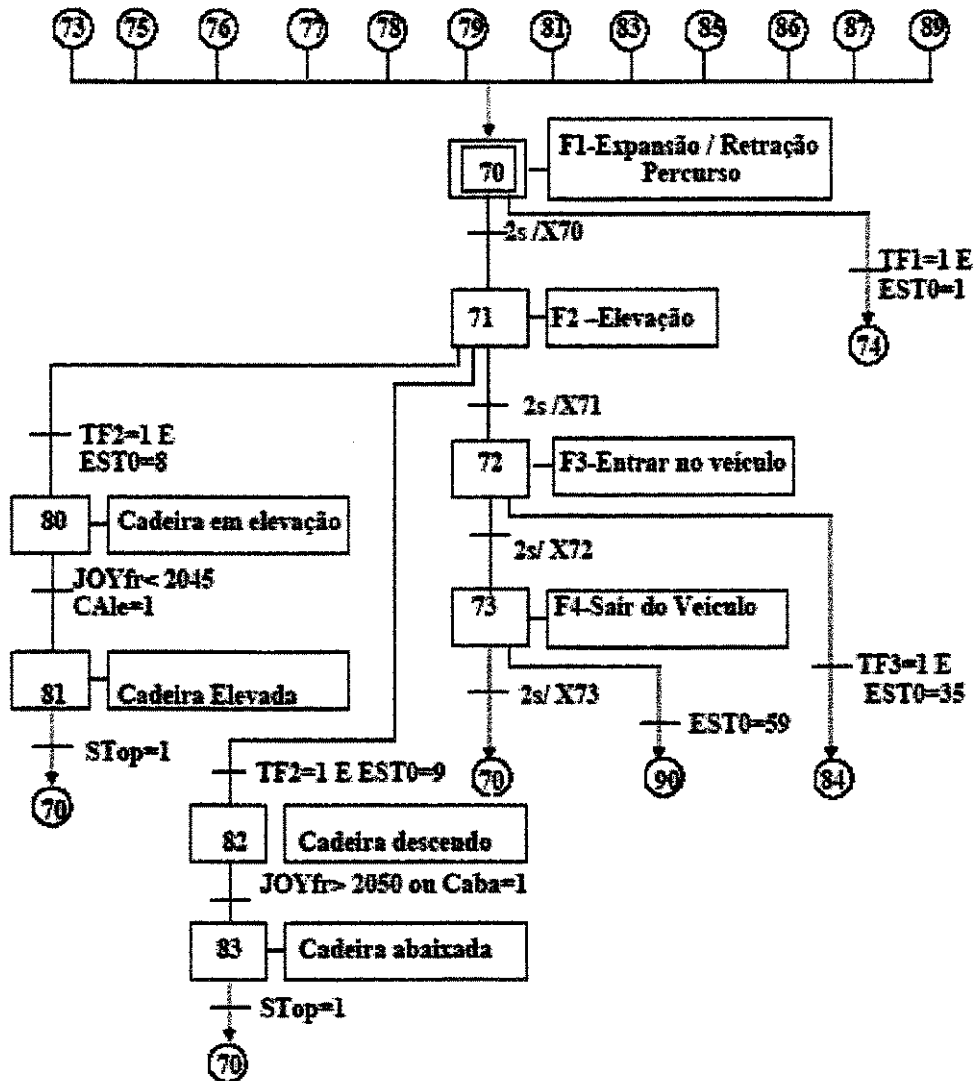
(CONTINUAÇÃO)



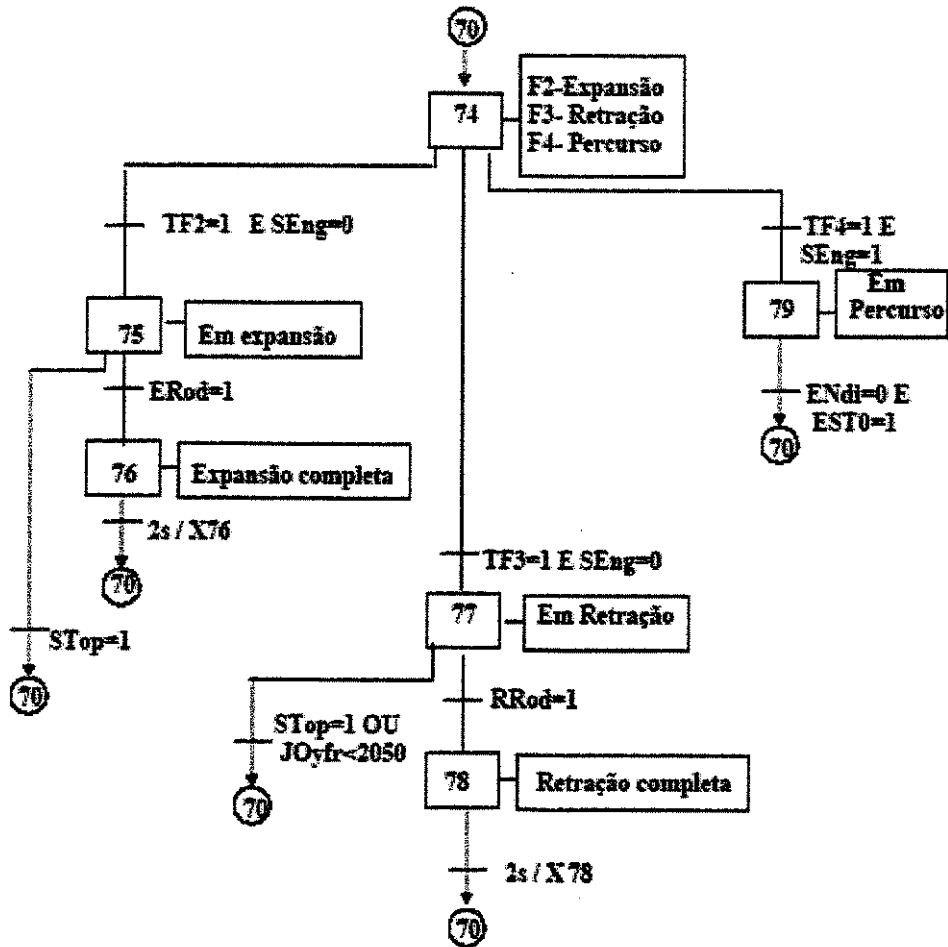
SU ROTINA 2 -SAÍDA DO DISPOSITIVO INTERNO COM O USUÁRIO .



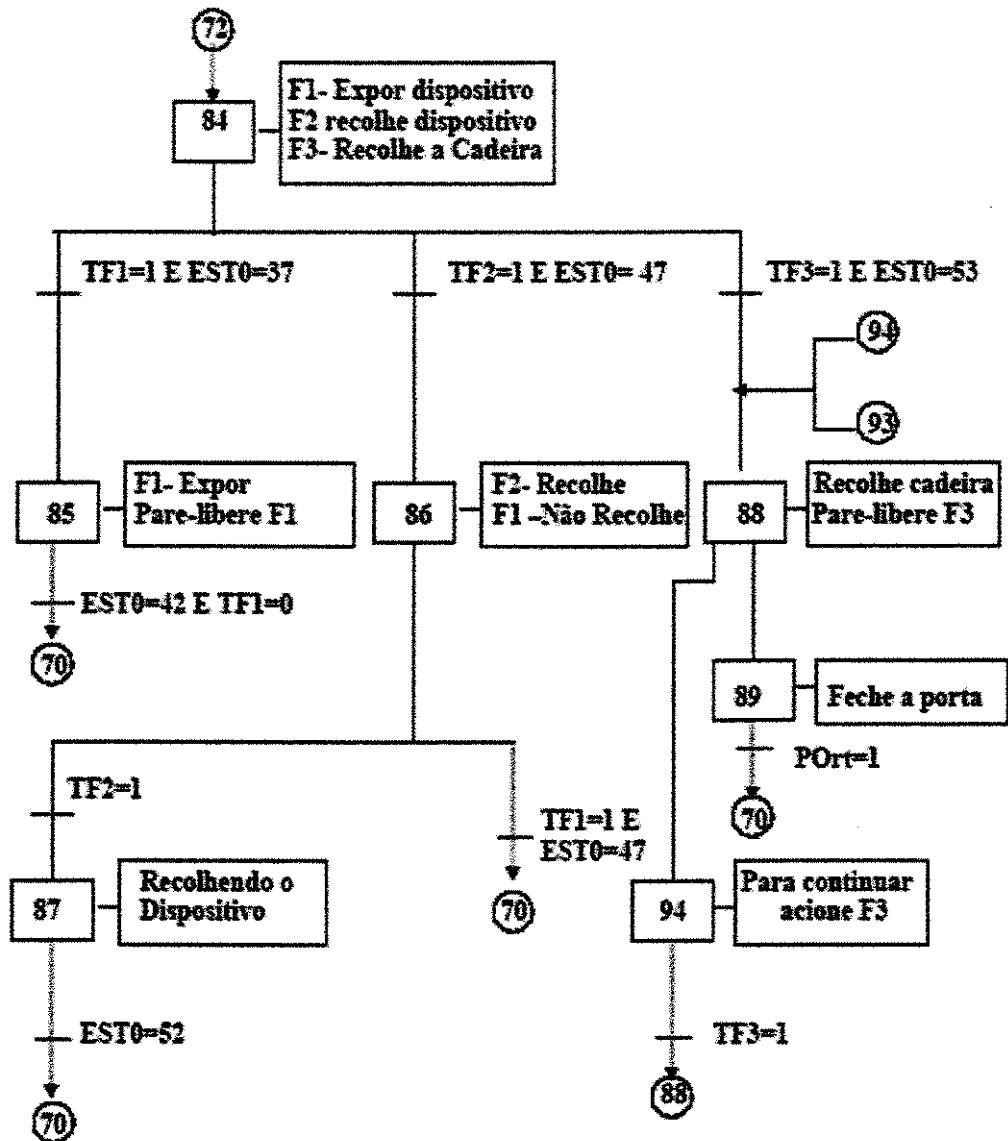
SUB ROTINA PARA A IHM



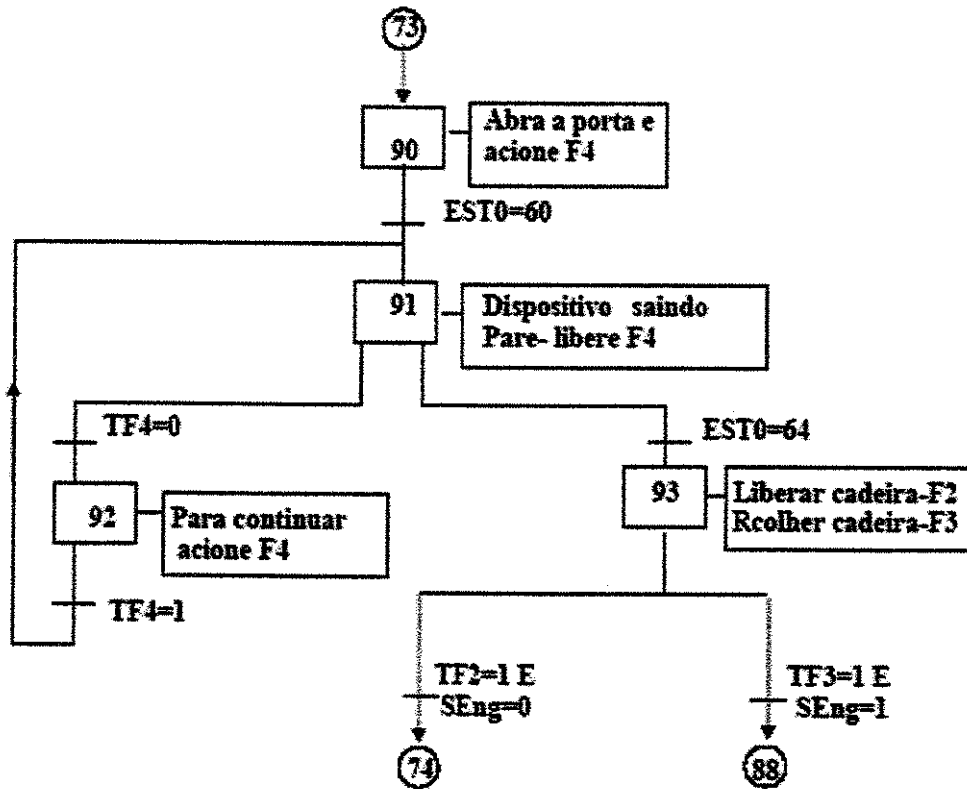
SUB ROTINA PARA A IHM (CONTINUAÇÃO)



SUB ROTINA PARA A IHM (CONTINUAÇÃO)



SUB ROTINA PARA A IHM (CONTINUAÇÃO)



Para uma rápida identificação de todas as variáveis envolvidas na lógica de controle colocamos as tabelas que relacionam as variáveis de entrada e de saída, assim como sua função e o Mnemônico utilizado no programa.

O tipo de sinal também é identificado nas tabelas de acordo com sua natureza, digital ou analógico.

Tabela A 2.1-Variáveis de entrada para a lógica de controle.

Elemento de sinal	Tipo de sinal	Descrição	Mnemônico
Stop	Digital	Botão de parada	STop
Engate	Digital	Sensor que detecta a cadeira engatada no dispositivo interno	SEng
Interno	Digital	Posição inicial de giro do fuso do dispositivo interno	INdi
Externo	Digital	Posição final de giro do fuso do dispositivo interno	EXdi
Expansão	Digital	Rodas expandidas	ERod
Retração	Digital	Retração das rodas	RRod
Elevada C	Digital	Cadeira elevada	CEle
Baixada C	Digital	Cadeira abaixada	CABa
Elevado D. I.	Digital	Dispositivo interno elevado	DIel
Baixado D.I.	Digital	Dispositivo interno baixado	DIBA
Tração direita	Pulsos	Encoder da roda direita	ENdi
Tração esquerda	Pulsos	Encoder da roda esquerda	ENes
Joystick F/R	Analógico	Sinal do Joystick marcha à frente ou ré	JOYfr
Joystick E/D	Analógico	Sinal do Joystick à esquerda ou direita	JOYed
Sensor artic.	Digital	Sensor de giro do dispositivo interno para comando da articulação	SEart
Sensor assoalho	Digital	Posição do Fuso com plataforma no assoalho	SEass
Porta	Digital	Posição da Porta do veículo	POrt
Tecla de função 1	Digital	Tecla F1 do painel frontal da IHM	TF1
Tecla de função 2	Digital	Tecla F2 do painel frontal da IHM	TF2
Tecla de função 3	Digital	Tecla F3 do painel frontal da IHM	TF3
Tecla de função 4	Digital	Tecla F4 do painel frontal da IHM	TF4

Tabela A 2.2- Variáveis de saída para a lógica de controle.

Elemento de sinal	Tipo de sinal	Descrição	Mnemônico
Expandir	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para expansão das rodas	EXro
Recolher	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para recolher as rodas	REro
Elevar C.	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para elevar o acento	ELcd
Baixar C	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para baixar o acento	BAcd
Expor	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para colocar para fora do veículo o dispositivo interno	EXPdi
Guardar	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para colocar para dentro do veículo o dispositivo interno	GUdi
Elevar D.I.	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para elevar o dispositivo interno.	ELdi
Baixar D. I.	Digital	Saída que aciona o sentido de giro para baixar o dispositivo interno.	BAdi
Driver F/R	Digital	A saída que informa os driver's dos motores de tração o sentido de rotação.	DRIfR
Motor Direita	Analógico	Saída analógica que controla o motor de tração da direita	MTdir
Motor Esquerda	Analógico	Saída analógica que controla o motor de tração da esquerda	MTesq
Mot Artic. H	Digital	Saída que aciona o giro da articulação no sentido horário	MAho
Mot Artic. AH	Digital	Saída que aciona o giro da articulação no sentido anti-horário	MAaho

Anexo III

Ferramenta de Supervisão

A ferramenta que utilizaremos é o "Eclipse Software" que é uma ferramenta para o desenvolvimento de sistemas de supervisão e controle de processos. Este anexo faz uma descrição da ferramenta tomando por base informações encontradas no manual do fornecedor do "software".

O Elipse Scada é um software para a criação de aplicativos de supervisão e controle de processos nas mais diversas áreas, oferece um alto desempenho, aliado à recursos que facilitam a tarefa de desenvolvimento da sua aplicação. Para a criação de aplicativos de supervisão e controle nas mais diversas áreas, a solução definitiva é a família de produtos Elipse SCADA (Supervisory, Control and Data acquisition System). Totalmente configurável pelo usuário, permite monitorar variáveis físicas de campo. Além disto, as variáveis do processo podem ser visualizadas de forma gráfica, permitindo em tempo real, uma fácil e rápida compreensão do que está acontecendo no processo a ser supervisionado.

Com o objetivo de supervisionar processos, vários Objetos de tela estão disponíveis, e pode-se enviar ou receber informações dos equipamentos de aquisição de dados, através de Setpoints, Sliders ou Botões. O Elipse SCADA é, ao mesmo tempo, flexível, pois elimina a necessidade de soluções demoradas e caras, garantindo competitividade, eficiência e qualidade ao processo. Está disponível nas plataformas Microsoft Windows 95, 98, Me, NT e 2000.

O Elipse SCADA conta com o Organizer (Árvore do Aplicativo) - uma maneira simples para a criação, organização e documentação dos aplicativos. O usuário acessa todos os elementos do sistema e suas propriedades navegando em uma árvore hierárquica que fornece uma visão geral do aplicativo, "organizando" naturalmente o trabalho de configuração e documentação.

O usuário pode modificar qualquer parâmetro da aplicação, em tempo de execução, já que todos os atributos de objeto são abertos ao usuário, desde um limite de alarme ou nome de arquivo até a cor e posição de um objeto na tela. Também permite a edição através da ferramenta de configuração on-line, onde se altera o seu aplicativo sem a necessidade de interromper a execução.

Existem recursos disponíveis, como animações, displays, botões, gráficos de tendência (linhas, área, barras, XY, etc.) e outros, que são ligados diretamente com as variáveis de campo (Tags). Também podem ser utilizados desenhos de qualquer editor gráfico. O Elipse SCADA conta com uma biblioteca gráfica de desenhos, de modo a facilitar a criação de telas. O usuário pode escolher entre utilizar o mouse, teclado ou touchscreen para operar o sistema de supervisão.

Existem várias maneiras de se trocar informações com equipamentos de aquisição de dados, tais como PLCs (Controladores Lógico Programáveis), DACs (Cartões de Aquisição de Dados), RTUs (Unidades Remotas), controles e outros tipos de equipamentos.

As versões disponíveis no Elipse Scada são as seguintes:

- VERSÃO VIEW

Esta versão é indicada para aplicações simples, de interface com o operador para minitoração e acionamento. As informações recebidas pelo View, estão disponíveis também para outras aplicações que possam trabalhar com NetDDE (troca dinâmica de dados em rede), trabalhando como servidor DDE, porém o servidor DDE e NetDDE não permite clientes (aplicações remotas), somente servidor de Rede.

- VERSÃO MMI (MAN MACHINE INTERFACE)

Esta versão é indicada para aplicações de médio porte, onde é necessária a coleta de dados e o tratamento de informações, como a verificação de alarmes, históricos, Controle Estatístico de Processos (CEP), lógicas, etc. Neste módulo estão disponíveis, além das características da versão View também, Históricos, receitas e relatórios, Browser e Alarmes com Log de alarmes em disco. Esta versão não possui ODBC, não permite cliente NetDDE e não é cliente de rede, isto é, não possui aplicações remotas.

- VERSÃO PROFESSIONAL

Esta versão é indicada para aplicações de qualquer porte, que envolvam comunicação em rede, local ou remota, ou ainda que necessitem de troca de informações entre banco de dados via ODBC.

Esperamos estar próximos à você no desenvolvimento e utilização de seus aplicativos, e termos compreendido bem as necessidades e desejos dos profissionais de automação, auxiliando a tornar o trabalho com nosso software mais fácil e poderoso, e seus processos cada vez mais competitivos e eficientes. Agradecemos seu interesse pelo nosso produto e desejamos sucesso com esta nova ferramenta de trabalho.

Organizer

É a estrutura para criação e organização do sistema supervisório. O Organizer é uma estrutura de criação e organização do sistema supervisório. Através dele, é possível uma visão simples e organizada de toda a aplicação, ajudando na edição e configuração de todos os objetos envolvidos no sistema numa árvore hierárquica de opções.

A estrutura do Organizer pode ser comparada à árvore de diretórios do Gerenciador de Arquivos do Windows. Desta forma, a estrutura da aplicação começa no canto superior esquerdo com a raiz da aplicação. Todos os objetos da aplicação descem a partir da raiz, agrupados de acordo com o seu tipo: Tags, Telas, Alarmes, Receitas, Históricos, Relatórios, Drivers, databases; que se constituem nos principais elementos de sua aplicação. Selecionando-se

qualquer um dos ramos da árvore da aplicação, o mesmo irá se expandir, mostrando seu conteúdo. Desta forma, pode-se facilmente navegar pela aplicação tendo possível todas as opções de configuração, desde a criação de Tags até o redimensionamento de objetos em uma tela específica.

A partir do organizer, pode-se criar toda a aplicação através da navegação na árvore da aplicação. Selecionando-se qualquer um dos seus ramos, as propriedades do objeto selecionado serão mostradas no lado direito da janela, onde poderão ser editadas.

Os objetos disponíveis no organizer são mostrados na Tabela 3.1:

Tabela A3.1 – Objetos do Organizer-Fonte Manual do Elipse Software

Ícone	Descrição
<u>Aplicação</u>	Configura as informações referentes a aplicação corrente.
<u>Tags</u>	Determina as configurações das tags do sistema. Através desta opção, é possível incluir, configurar, alterar ou excluir a tag. Estas tags podem ser locais (apenas d determinados objetos) como globais (podem ser utilizadas a qualquer momento em qualquer objeto do sistema).
<u>Telas</u>	Determina as configurações específicas das telas do sistema. Através desta opção, é possível inserir, configurar, alterar, incluir objetos, ou excluir telas.
<u>Alarmes</u>	Determina as configurações referentes aos alarmes do sistema.
<u>Receita</u>	Determina as configurações das receitas do sistema.
<u>Histórico</u>	Determina as configurações dos históricos no sistema. Através desta opção, é possível configurar os históricos, penas, e verificar o CEP (Controle Estatístico de Processos) e a Análise Histórica.
<u>Relatórios</u>	Determina as configurações dos relatórios gerados pelo sistema. Através desta opção, é possível configurar os tipos de relatórios

	gerados pelo sistema: Relatório gráfico, texto, banco de dados, batelada, consultas, cores das penas, penas, geral, etc.
<u>Printers (Impressoras)</u>	Determina as especificações referentes as impressoras configuradas no sistema.
<u>Drivers</u>	Determina as especificações referentes aos drivers conectados no sistema, que farão ou não a comunicação com o sistema.
<u>Databases</u>	Determina as especificações referentes as Databases do sistema.
<u>Usuários</u>	Determina as especificações referentes ao controle de usuários do sistema. Conforme as informações mencionadas neste campo, o sistema controlará o acesso ao mesmo, no momento da execução do projeto. Através desta opção, é possível incluir, alterar, configurar e deletar o(s) usuário(s).
<u>Aplicação Remota</u>	Determina as especificações das aplicações remotas do sistema. Através desta opção, é possível especificar o servidor e o(s) cliente(s) que acessarão a aplicação.
<u>Watcher</u>	Determina as especificações referentes a visualização de entradas de vídeos no sistema. Através desta opção, é possível configurar as entradas de vídeo do sistema, seja ela por câmeras conectadas no sistema como arquivos do mesmo.
<u>Steeplechase</u>	Determina as especificações referentes ao Steeplechase no sistema.
<u>OPCServers</u>	Determina as especificações referentes aos OPCServers.

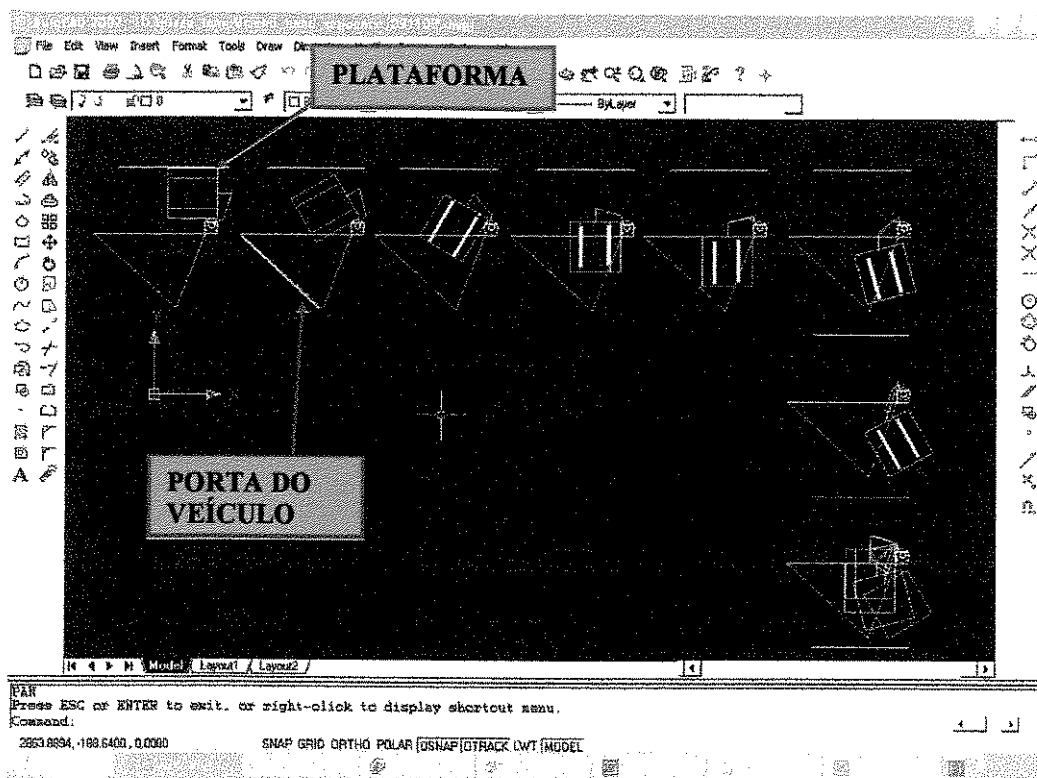


Figura 64- Sequência de movimentação considerando as dimensões do veículo.

Assim como dimensionamos os motores para os fusos do dispositivo externo, o motor para o fuso de elevação do dispositivo interno segue a mesma metodologia.

Adotando-se o diâmetro do fuso igual a 20mm com passo de 10mm, considerando-se os fusos de linha do fabricante Hiwin, levando-se em conta uma carga total de 250 kgf, envolvendo o peso próprio do dispositivo interno, o dispositivo externo mais o usuário, teremos o seguinte cálculo:

$$P1 = \pi \cdot \Phi_{med} = 31,44 \quad (11)$$

$$\alpha = \arctg (10 / 31,4) = 17,6^\circ \quad (12)$$

$$F = 250 \cdot \sin \alpha = 76 \text{ kgf} \quad (13)$$

$$M_t = F \cdot r = 76 \cdot 0,01 = 0,76 \text{ Kgm ou } 7,5 \text{ Nm} \quad (14)$$