

Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Marco Gil Ortiga Brás

Automatização de máquina de testes de impacto em materiais poliméricos

Dissertação submetida à Universidade do Minho para a obtenção do grau de Mestre em Electrónica Industrial e Computadores

Outubro 2009

Dissertação realizada sob a orientação científica do Doutor Jaime Francisco Cruz Fonseca, Professor Associado do Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho.

O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais inteligência.

Henry Ford

Agradecimentos

Agradeço meu orientador Doutor Jaime Fonseca, pela oportunidade de realização deste trabalho, pelos conselhos, pela sua compreensão e apoio dados ao longo do trabalho.

Aos Professores do Departamento de Electrónica Industrial e Computadores, pelo empenho, dedicação e partilha de conhecimento ao longo do curso.

Aos funcionários das oficinas pela disponibilidade, compreensão ao longo de todo o curso.

Ao Doutor Júlio Viana do Departamento de Polímeros, pela proposta de realização deste trabalho.

Ao Sr. Manuel e Sr. Mateus responsáveis dos laboratórios de polímeros pelo apoio demonstrado e pelas opiniões dadas sobre o funcionamento da máquina.

A todos os meus amigos e colegas de curso pelo companheirismo e disponibilidade que me impulsionaram para a conclusão do curso.

Aos meus pais, por me facultarem a oportunidade de voltar a estudar novamente, pela educação que me deram, pela compreensão e pelo apoio nos momentos difíceis.

Por último às mulheres da minha vida, à minha esposa Filipa e à minha filha Ana Gil, pelo incentivo nas horas de desanimo ao longo do curso.

Resumo

A automatização de máquinas industriais e laboratoriais, obedece cada vez mais, a critérios rigorosos de precisão e qualidade na obtenção do produto final. Na automatização de máquinas é feita uma análise dos dispositivos mecânicos, seguidamente é feito um estudo de exequibilidade do projecto quando estes dispositivos se encontram em perfeitas condições e não sofreram grandes evoluções.

Esta dissertação descreve as fases de estudo e desenvolvimento na automatização de uma máquina de testes de impacto em materiais poliméricos existente no Laboratório de Propriedades Mecânicas do Departamento de Engenharia de Polímeros da Universidade do Minho. Para além da selecção dos equipamentos a utilizar a dissertação descreve o desenvolvimento do sistema que permite controlar o processo de automatização da máquina de ensaios de impacto. O sistema foi desenvolvido em *Ladder* e implementado num controlador lógico programável acoplado a uma consola táctil que permite monitorização/parametrização dos ensaios a efectuar e o armazenamento dos resultados dos ensaios num cartão de memória para posterior processamento e análise.

Palavras-Chave: automação, ensaios de impacto, PLC

Abstract

The automation of industrial machines and laboratory, increasingly meets the strict criteria of quality and accuracy in obtaining the final product. In automation of machinery is an analysis of mechanical devices and then it is done a feasibility study of the project when these devices are in perfect condition and had not experienced major changes.

This thesis describes the stages of study and development in the automation of a machine that tests the impact with polymer materials in the laboratory of the Department of Mechanical Properties of Polymer Engineering, University of Minho. Besides the selection of equipment to use the dissertation describes the development of the system to control the process of automation of the impact testing machine. The system was developed and implemented in a Ladder programmable logic controller connected to a console that allows monitoring of the touch operation of the machine, display the results of each test but also allows the storage of data on a memory card for the observation of the readings made.

Keywords: automation, test the impact, PLC

Índice

Agradecimentos	v
Resumo	vii
Abstract	ix
Índice de figuras	xiv
Índice de tabelas	xvii
Lista de Acrónimos e Termos	xviii
Capítulo1 Introdução	1
1.1- Motivação e enquadramento	1
1.2- Problema proposto	1
1.3- Objectivos da tese	2
1.4- Organização da tese	2
Capítulo2 Sistemas de impacto	
2.1 História e aplicações	
2.2 Tipos de sistemas de impacto	6
2.2.1 Impactos de baixa velocidade	6
Charpy	6
Izod	7
Queda livre de um peso	
Máquinas hidráulicas	9
Máquinas de teste instrumentalizadas	
2.2.2 Impacto de alta velocidade	
Barra de Hopkinson	
Impacto balístico	
2.3 Normas de Impacto	14
2.4 Princípio de ensaios de impacto	
2.4.1 Leis do contacto	
2.5 Conclusões	
2.6. Bibliografia	
Capítulo3 A máquina de ensaios de impacto Rosand	
3.1 Dispositivos mecânicos	
Garras de Protecção	
Eixo Metálico	

Mecanismo do 1º bloco pneumático	
Mecanismo do 2º bloco pneumático	
Redutora	
Impactor	
Material de prova	
Sistema pneumático	
3.2.1 Motor com freio electromagnético e conversor	
3.2.2. Sensores	
Sensor óptico	
Sensor On-Off de segurança	
Solenóides	
Relé e contactor	
Potenciómetro utilizado na medição da altura	
Célula de carga	
3.2.3 Monitorização, parametrização e controlo	
3.2.4 Conectores e identificação das ligações	
3.3 Conclusões	
Capítulo4 Desenvolvimento do software	
4.1.Entradas e saídas do sistema impacto	
Entradas	
Saídas	
4.2 Funcionamento da Rosand	
4.3 Procedimentos de um ensaio na Rosand	
4.4 Grafcet de controlo da Rosand	
4.5 Implementação da aplicação do Software no autómato	
Configuração das cartas analógicas	
Ecrã Calibração	
Ecrã de posição	
Ecrã Impacto	61
Ecrã leitura	
Ecrã gráfico	
Ecrã Escala	
4.6 Conclusões	
4.7 Bibliografia	

Capítulo5 Conclusões e trabalho futuro	. 67
5.1 Conclusões	67
5.2 Trabalho futuro	70
Anexos	. 71
Anexo I - Programação da consola NS5	72
Anexo II - Tabela de calibração de altura	79
Anexo III - Tabela de ligações dos conectores	80

Índice de figuras

Figura 2-1 Diferença entre ensaio de impacto (a) Charpy e (b) Izod [1]	3
Figura 2-2 Danos provocados por uma ave na asa de um avião [3]	4
Figura 2-3 Sistema de amortecimento para melhorar desempenho no impacto com	0
solo [4]	5
Figura 2-4 Testes de impacto em alimentos	5
Figura 2-5 Exemplo de entalhe num material fixo na vertical	6
Figura 2-6 Configuração do ensaio de impacto Charpy [1].	7
Figura 2-7 Equipamento para ensaio de impacto Izod.	7
Figura 2-8 Detalhe do posicionamento do material de prova no ensaio de impacto	Izod.8
Figura 2-9 Equipamento para ensaio de queda livre de peso instrumentado [1]	9
Figura 2-10 Aspecto da zona de impacto em máquina hidráulica	9
Figura 2-11 Deslocamento eléctrico da pressão necessário ao peso do óleo no cilin	dro.
	10
Figura 2-12 Máquina de impacto instrumentalizada	11
Figura 2-13Esquema de teste da Barra Hopkinson.	12
Figura 2-14Teste utilizando a Barra Hopkinson. (Kaiser, 1998).	12
Figura 2-15 Aparato utilizado em um teste de impacto balístico. (Larsson e Svenss	on,
2002)	13
Figura 2-16 Parte inferior da máquina de impacto Rosand [7].	15
Figura 2-17 Máquina de impacto Rosand.	16
Figura 3-1 Diagrama de blocos do hardware modificado.	22
Figura 3-2 Dispositivos mecânicos da parte frontal da máquina.	22
Figura 3-3 Dispositivos mecânicos interiores.	23
Figura 3-4 Sistema de fixação do material de prova.	24
Figura 3-5 Painel de comando pneumático e respectivos elementos	25
Figura 3-6 Hardware substituído na máquina de impacto.	26
Figura 3-7 Circuitos de potência e comando do motor CC removidos.	26
Figura 3-8 Motor SEW AC trifásico de indução com freio electromagnético	27
Figura 3-9 Esquemático de um freio electromagnético [8].	28
Figura 3-10 Conversor de frequência MC07B0003-5A3-4-00 SEW	28
Figura 3- 11Esquema de ligações do conversor de frequência [9]	29

Figura 3-12 Sensor magnético RS 339-213 e íman RS 338-759	30
Figura 3-13a) Sensor EE-SX771 OMRON b) Circuito do sensor e tensões de referênc	ia
[10]	31
Figura 3-14 Interruptor de segurança	31
Figura 3-15 Local de aplicação dos solenóides	32
Figura 3-16 Ligações do relé e do contactor.	32
Figura 3-17 Montagem mecânica e eléctrica do potenciómetro de medição da altura	33
Figura 3-18 Célula piezoeléctrica Kistler 9031A de alta precisão	33
Figura 3-19 Amplificador industrial para condicionamento de sinal e respectivas	
ligações.	34
Figura 3-20 Software de parametrização da célula de carga	35
Figura 3-21 Sistema de controlo a) Substituído. b) Actual utilizando o CP1L e a	
MAD01	36
Figura 3- 22 Descrição das áreas reservadas para controlo de entradas e saídas	36
Figura 3-23 Ligações do <i>CP1L-M30</i> e da <i>MAD01</i>	37
Figura 3-24 Sistema parametrização e monitorização a) Substituído b) Actual	38
Figura 3-25 Ecrã táctil com tecnologia capacitiva [12]	39
Figura 3-26 Ecrã táctil NS5-MQ10 OMRON.	40
Figura 3-27 Fichas de conexão e pinos de conexão utilizados	40
Figura 3-28 Ligação entre o Ecrã táctil e o <i>PLC</i>	41
Figura 3-29 Ligação entre o Amplificador e o PC.	41
Figura 4-1 Identificação entradas físicas	46
Figura 4-2 Entradas C4, C5 e C11 definidas no ecrã posição	46
Figura 4-3 Entradas C07, C13, D10, D12 e D13 definidas no ecrã impacto	47
Figura 4-4 Entradas C6, D11 e D14 definidas no ecrã Leitura	47
Figura 4-5. Mecanismo de ajuste da posição inicial	49
Figura 4-6. Funcionamento da máquina Rosand	50
Figura 4-7 Perspectiva geral da máquina de Impacto Rosand	51
Figura 4-8 Grafcet da máquina de impacto Rosand.	54
Figura 4-9 Configuração das cartas analógicas.	57
Figura 4-10 Endereços de armazenamento de dados das entradas da carta analógica	57
Figura 4-11 Ecrã calibração	58
Figura 4-12 Exemplo da calibração da altura para 53 cm.	58

Figura 4-14 Ajuste da altura pretendida para formato real	59
Figura 4-13 Ecrã posição	59
Figura 4-15 Opção de subida manual do peso	60
Figura 4-16 Implementação Ladder do processo de descida	60
Figura 4-18 Implementação do primeiro e segundo blocos pneumáticos	61
Figura 4-19 Implementação da função abre garras.	61
Figura 4-17Ecrã impacto	61
Figura 4-20 Implementação da recolha do peso	62
Figura 4-21 Ecrã leitura	62
Figura 4-22 Implementação do valor de pico	63
Figura 4-23 Implementação da libertação do peso metálico	63
Figura 4-24 Implementação do controlo de leituras do amplificador	63
Figura 4- 25 Implementação do bloco de funções tempo e velocidade	64
Figura 4-27 Implementação da conversão dos valores da célula de carga	65
Figura 4-28 Ecrã escala	65
Figura 4-26 Ecrã gráfico	65
Figura 6-1 Painel de botões de configuração da consola NS5.	72
Figura 6-2 Configuração do endereço da área de memória	72
Figura 6-3 Selecção do tipo de acção do botão	73
Figura 6-4 Opção de texto para botões ON/OFF	73
Figura 6-5 Definição de um "Command Button"	74
Figura 6-6 Configuração de uma Label	74
Figura 6-7 Descrição da configuração de Thumbwheel Switch	75
Figura 6-8"Numeral Display Imput"	76
Figura 6-9 "Data Log Graph"	76
Figura 6-10 Ordem de selecção do Data Log Graph	77
Figura 6-11 Definição dos parâmetros no Data Log Graph.	78
	- 0

Índice de tabelas

Tabela 2-1 Normas de testes de Impacto [1].	14
Tabela 4-1 Tabela de receptividades	53
Tabela 4-2 Tabela de acções	53
Tabela 4-3 Tabela de configuração das cartas analógicas MAD01 [14]	56
Tabela 6-1 Calibração da altura	79
Tabela 6-2 Tabela de ligações do conector do quadro eléctrico	80
Tabela 6-3 Tabela de ligações do conector interno e externo.	81

Lista de Acrónimos e Termos

mA miliamperes A/D Analógico Digital D/A Digital Analógico kPa kiloPascal (unidade de pressão) PLC Controlador Lógico Programável ou Programmable Logic Controller PC Computador Pessoal USB Universal Serial Bus PDAs Personal digital assistants SAP Smart Active Parts DTE Data Terminal equipment DCE Data Communication equipment cm centímetros

Capítulo1 Introdução

1.1- Motivação e enquadramento

Com a crescente competitividade dos mercados mundiais é imprescindível que surjam novas tecnologias de forma a inovarem e desenvolverem a indústria mundial.

O produto final é sujeito a rigorosos processos de fabrico e de controlo, de forma que, a sua qualidade aumente e o seu custo de produção diminua. Para tal a maior parte dos produtos, durante a sua "maturação", passam por uma fase de testes experimentais de modo a confirmarem os estudos teóricos. As grandes indústrias possuem laboratórios próprios com pessoal qualificado onde efectuam estes testes, mas ultimamente com a crise mundial e com a contenção de despesas, os industriais frequentemente efectuam protocolos de cooperação com as Universidades onde fazem os testes evitando investimentos em equipamentos e em pessoal. Consequentemente as Universidades de forma a corresponderem às necessidades das indústrias equipam os seus laboratórios com novos equipamentos ou então, automatizam os equipamentos aí existentes quando estes não sofrem grandes evoluções mecânicas. Na automatização de equipamentos laboratoriais podem ser utilizadas diferentes tipos de *software* e de *hardware* sendo que, é sempre necessária uma escolha selectiva para cada projecto, com a finalidade de aumentar a eficiência nos testes, de diminuir o consumo energético e de melhorar a segurança.

1.2- Problema proposto

O trabalho proposto foi substituir todo o sistema de comando de uma máquina de ensaios de impacto em materiais poliméricos, de forma a simplificar todo o processo e a aumentar a fiabilidade dos ensaios executados. Na primeira fase pretendia-se uma verificação do funcionamento dos elementos de controlo, para posteriormente se elaborar um levantamento do material necessário para aquisição. Os controladores da máquina encontravam-se obsoletos e não funcionavam por este motivo propôs-se uma remodelação total do sistema de controlo e monitorização da máquina de ensaios. Nos requisitos do projecto foi pedido que se encontrasse uma solução fiável e económica que correspondesse às expectativas dos ensaios que se realizam na máquina.

1.3- Objectivos da tese

Esta dissertação descreve todos os passos que envolveram a automatização de uma máquina de ensaios de impacto em materiais poliméricos. O objectivo principal é desenvolver uma estrutura ágil e flexível, a baixo custo, que corresponda às funcionalidades da máquina de modo a substituir o sistema existente minimizando hipotéticas avarias que possam surgir. Com base neste pressuposto os únicos requisitos apresentados para a reestruturação da máquina foram: continuar a respeitar os critérios de segurança para máquinas deste tipo e que o sistema de parametrização e monitorização seja amigável, para que qualquer operador com conhecimentos básicos acerca dos procedimentos de ensaio possa operar a máquina e validar os resultados obtidos. Para tal foi substituído o sistema de comando anterior que será descrito em detalhe posteriormente, constituído por circuitos digitais, o amplificador de sinal e todo o sistema de parametrização e monitorização e monitorização e monitorização e monitorização e monitorização e monitorização e sistema de controlo constituído por circuitos digitais, o amplificador de sinal e todo o sistema de parametrização e monitorização e monitorização e monitorização dos testes.

1.4- Organização da tese

No primeiro capítulo da tese apresenta-se uma breve descrição do problema e dos objectivos a serem cumpridos enquadrados na automação industrial. Posteriormente o segundo capítulo abordará um pouco da história das máquinas de impacto, classificação destes sistemas, tipos de ensaios e uma descrição dos ensaios de impacto. O capítulo 3 descreve o *hardware* utilizado e a função dos diferentes componentes. Depois da descrição do *hardware* o capítulo 4 aborda detalhadamente todo o trabalho efectuado e o capítulo 5 foi reservado para conclusões e sugestões para o trabalho futuro.

Capítulo2 Sistemas de impacto

2.1 História e aplicações

Durante a primeira metade do século XX, um metalúrgico chamado *Izod* inventou um tipo de ensaio de impacto para se determinar a capacidade de usar alguns metais como ferramentas de corte. O teste envolvia um pêndulo com massa conhecida que era libertado contra o material que se pretendia testar. Neste teste o material a testar era fixo na posição vertical na base da máquina de impacto. Alguns anos mais tarde outro metalúrgico chamado Charpy efectuou uma pequena modificação neste ensaio, fixando o material a testar numa posição horizontal. A diferença entre os dois ensaios pode ser vista na figura (2-1).



Figura 2-1 Diferença entre ensaio de impacto (a) Charpy e (b) Izod [1].

Estes tipos de ensaio pendulares provaram ser muito úteis, produzindo dados confiáveis em materiais desde a II Guerra Mundial até aos dias de hoje. A partir dos anos 70 começaram a ser utilizados testes com velocidades e energias de impacto mais elevadas através de ensaios de queda livre de pesos. De facto, máquinas de impacto de queda livre de peso passaram a ser populares, porém aplicações de impacto com velocidades mais altas tornaram-se cada vez mais necessárias com o avanço da tecnologia, principalmente da que está directamente relacionada com a aeronáutica. Foram então desenvolvidos ensaios de impacto balístico no qual podem ser atingidas altas velocidades para simularem, por exemplo, o impacto de aves em aviões.

Presentemente não existem normas aceitáveis para ensaios de impacto em materiais compósitos (1). Assim sendo, existe uma grande variedade de procedimentos de ensaios e geometrias de materiais. Técnicas de ensaio na qual se utiliza o pêndulo como *Charpy* e *Izod* necessitam de geometrias que não são representativas das estruturas, sendo apenas adequadas para uma estimativa da resistência ao impacto em compósitos. Estes métodos, porém, são amplamente empregues para comparar o comportamento ao impacto de materiais. Já ensaios de queda de peso e ensaios balísticos são mais representativos, pois nestes ensaios podem ser utilizados materiais com dimensões mais próximas das condições de utilização. Recentemente as máquinas hidráulicas têm sido utilizadas para se determinar a resposta de materiais compósitos com elevadas taxas de deformação. Embora mais caros que os ensaios convencionais, estes são ideais para a análise da dependência de propriedades básicas dos materiais, em função da taxa de deformação [1].

Os ensaios de impacto são aplicados em quase todos os sectores industriais inclusivamente na indústria do calçado e alimentar. Obviamente ao falar-se de ensaios de impacto salientam-se os meios de transporte uma vez que ao serem utilizados diariamente, todos os seus constituintes estão sempre sujeitos a impactos, que poderão ser de factores climatéricos, de erro humano, de animais (figura 2-2) ou de avarias diversas. É neste sector que os testes de impacto têm maior importância de forma a projectarem-se meios de transporte cada vez mais seguros e fiáveis.



Figura 2-2 Danos provocados por uma ave na asa de um avião [3].

(1) Compósito - é um material cuja composição, entram dois ou mais tipos de materiais diferentes.

Na indústria do calçado, os testes são feitos para o desenvolvimento de modelos mais confortáveis e na evolução de calçado desportivo para melhorar a *performance* dos atletas, sobretudo dos que gostam de correr em qualquer tipo de terreno (figura2-3).



Figura 2-3 Sistema de amortecimento para melhorar desempenho no impacto com o solo [4].

Na indústria alimentar são utilizados para avaliação do momento óptimo de colheita, da qualidade durante o armazenamento, do efeito da conservação pelo frio e do estado de maturação para posterior processamento industrial. A figura (2-4) mostra um sistema de ensaios de impacto em alimentos.



Figura 2-4 Testes de impacto em alimentos

2.2 Tipos de sistemas de impacto

2.2.1 Impactos de baixa velocidade

Consideram-se impactos de baixa velocidade todos os impactos efectuados com velocidades inferiores a cem metros por segundo. Vários métodos são usados para medir o impacto da resistência em plásticos entre os quais o de *Izod*, de *Charpy*, de *Gardner*, de queda livre de peso, de impacto instrumentalizadas, hidráulicos e muitos outros.

Charpy

Os primeiros ensaios de impacto em materiais compósitos foram realizados recorrendo ao ensaio de Impacto Charpy figura (2-6), o qual foi desenvolvido originariamente para ensaios em metais. A razão dessa escolha foi devido ao facto do pêndulo Charpy ser ao mesmo tempo simples de se usar e poder ser instrumentado, e assim gerar informações sobre absorção e dissipação de energia nos compósitos. O material de prova para o ensaio de Charpy é geralmente uma viga de espessura considerável, algumas vezes contendo um entalhe (2) no centro (figura 2-5).



Figura 2-5 Exemplo de entalhe num material fixo na vertical.

⁽²⁾ Entalhe - Golpe lateral que poderá ser feito em diversos materiais, geralmente feito na madeira.

O material é posicionado num plano horizontal com dois apoios, sendo sujeito ao impacto através de um pêndulo, conforme mostra a figura (2-6). O ensaio de impacto Charpy apresenta algumas desvantagens, como o facto da curva força versus tempo conter oscilações harmónicas devido à resposta natural do impactor.



Figura 2-6 Configuração do ensaio de impacto Charpy [1].

De acordo com *Macke* e *Quenisset*, essas oscilações são atribuídas a efeitos de inércia, que dependem da natureza do material (rigidez e densidade). Também de acordo com *Suaris* e *Shah*, que estudaram essas oscilações em compósitos de cimento, as mesmas são geradas por efeitos de inércia [1].

Izod

O procedimento para o teste de impacto *Izod* é bastante similar ao *Charpy* conforme pode ser verificado na figura (2.7).



Figura 2-7 Equipamento para ensaio de impacto Izod.

A única diferença entre os dois é a condição de apoio e o formato do martelo como pode verificar na figura (2.8). No ensaio Izod o material a testar é fixo na vertical. Este teste apresenta limitações similares ao de Charpy.



Figura 2-8 Detalhe do posicionamento do material de prova no ensaio de impacto Izod.

Queda livre de um peso

Neste tipo de ensaio um peso desprende-se de uma altura pré-determinada e atinge um material de prova num plano horizontal. Em geral este tipo de impacto não causa a destruição completa do material de ensaio, ao invés disso, o peso faz ricochete, possibilitando assim a determinação de uma energia residual. A velocidade de impacto pode ser obtida através de equações de movimento ou através do uso de sensores ópticos localizados acima do material de prova. Geralmente, o impactor é instrumentado, possibilitando a obtenção da curva força versus tempo e também pode haver um transdutor para a determinação da dissipação de energia. A principal vantagem deste teste em relação aos de impacto *Charpy* e ao de *Izod*, é devido ao facto de se utilizar uma maior variedade de geometrias, proporcionando então o teste de componentes mais complexos [1]. As máquinas de queda de peso podem ser de piso ou de bancada dependendo da sua capacidade e aplicação. As alturas de queda podem variar de 50cm até alguns metros, dependendo do equipamento. As velocidades no impacto podem chegar a 11m/s. A massa de impacto é liberada de uma altura



A figura (2.9) mostra uma máquina de impacto por queda livre de um peso.

Figura 2-9 Equipamento para ensaio de queda livre de peso instrumentado [1].

Máquinas hidráulicas

Há alguns anos, pesquisadores utilizaram máquinas hidráulicas, para caracterizar as taxas deformação e tipos de falhas em materiais. O histórico de deformação do material de prova pode ser medido colando-se extensómetros ou através de transdutores ópticos. Se um extensómetro ou outro dispositivo de medida de deformação é colado no material de ensaio, a sensibilidade à taxa de deformação do adesivo deve ser levada em conta. A vantagem desse teste é permitir a determinação de propriedades básicas do material, como resistência à tracção, módulo de elasticidade e tenacidade à fractura inter-laminar, sem efeitos de contacto associados à queda de peso [1].



Figura 2-10 Aspecto da zona de impacto em máquina hidráulica.

Em geral estes equipamentos são assistidos por sistemas auxiliares para produzir a carga. É o caso da máquina de impacto servo hidráulica (figura 2-10), capaz de produzir velocidades de até 5m/s. Este equipamento é utilizado para teste de desempenho de sistemas adesivos, materiais compostos e impacto em painéis [6]. A leitura de pressão é afectada pelo peso da coluna de óleo. À medida que o pistão é elevado, o volume e a altura do óleo no cilindro aumentam consequentemente a pressão sobre o material de prova até à sua deformação (figura 2-11).



Figura 2-11 Deslocamento eléctrico da pressão necessário ao peso do óleo no cilindro.

Máquinas de teste instrumentalizadas

Um ensaio instrumentalizado apresenta medições em função do tempo desde o inicio do impacto até à deformação do material de ensaio. Estas medições terminam antes da fractura do material. A instrumentalização pode ser usada em qualquer método e máquina de ensaios. Os sistemas mais sofisticados registam a carga em função do tempo, ou carga em função da deformação durante todo o período do evento de impacto.

Estes registos fornecem uma representação mais completa do impacto do que um simples valor calculado. Outra importante vantagem da instrumentalização é a redução do tempo de testes, havendo também a possibilidade de automatização.



Figura 2-12 Máquina de impacto instrumentalizada

As máquinas de queda de peso e os pêndulos instrumentalizados (figura 2-12), são actualmente considerados, os melhores métodos disponíveis para o ensaio de impacto, pois facilitam a comparação do desempenho dos materiais.

2.2.2 Impacto de alta velocidade

Consideram-se impactos de alta velocidade todos os impactos efectuados com velocidades superiores a cem metros por segundo. Vários métodos são usados para medir o impacto a altas velocidades entre os quais a Barra de *Hopkinson* e o impacto balístico.

Barra de Hopkinson

Esta técnica é parecida à utilizada nas máquinas hidráulicas no sentido em que a mesma também permite a determinação de propriedades básicas dos materiais em função da taxa de deformação. O esquema de ensaio pode ser visto na figura (2-13).



Figura 2-13Esquema de teste da Barra Hopkinson.

Existem diferentes tipos de Barra de *Hopkinson* entre os quais: a barra de compressão, a barra de tracção e de testes em que se verifica a rotura no material de prova. A figura (2-14) mostra um ensaio da Barra Hopkinson, que segue o modelo da figura (2-13).

Arma de gás

Barra de impacto



Figura 2-14Teste utilizando a Barra Hopkinson. (Kaiser, 1998).

Impacto balístico

O teste de impacto em deformações balísticas pode ser feito através de armas de pressão a gás como a da figura (2-15). Normalmente um gás como o nitrogénio alimenta uma câmara localizada no final de um tubo. O gás é restringido por um diafragma plástico. Quando este atinge um valor pré-determinado o diafragma é queimado, acelerando o projéctil em direcção ao alvo, ou seja, ao material de prova. A velocidade de impacto pode ser determinada utilizando-se sensores ópticos. Geralmente o teste não é completamente destrutivo, porém frequentemente, resulta num dano de larga escala ou perfuração do material de prova. Além de ser pouco abrangente outra desvantagem desta técnica refere-se à informação restrita na apresentação dos resultados obtidos nos ensaios.



Figura 2-15 Aparato utilizado em um teste de impacto balístico. (Larsson e Svensson, 2002)

Porém, já existem armas de gás instrumentadas, proporcionando a obtenção de gráficos força versus deslocamento, possibilitando uma análise mais detalhada do evento de impacto. Armas de gás podem ser usadas para testar grandes estruturas sendo bastante úteis para a determinação de respostas ao impacto em alta velocidade de materiais compósitos [1].

2.3 Normas de Impacto

Embora não existam normas para todos os tipos de ensaios de impacto e para todos os materiais, já existem algumas normas e recomendações publicadas para impacto. Uma vez que a geometria do material influencia o resultado do teste, como já foi provado em alguns materiais, a normalização deste tipo de ensaio é de grande importância, para que se possam comparar resultados de maneira correcta. Algumas normas e recomendações para ensaios de impacto são apresentadas na tabela (2-1).

Tabela 2-1 Norma	s de testes de	e Impacto	[1].
------------------	----------------	-----------	------

Normas e	Tipo de impacto	Material
Recomendações		
Rilem Technical	Charpy	Compósitos
Committee 49		cimentícios
TFR		reforçados por
(1984)		fibras.
ASTM D1037	Queda de peso	Fibra à base de
(1996)		madeira e painéis
ISO 180	Izod	Plásticos
(1993)		
ACI Committe	Queda de peso	Concreto reforçado
544		por fibras.
(1988)		
ASTM D256	Charpy	Plásticos.
(1978)		

2.4 Princípio de ensaios de impacto

Os ensaios de impacto englobam um material de prova com dimensões pré definidas, para que o seu tamanho seja suficientemente grande para ser fixado, através de um bloco pneumático específico para o efeito. O material a testar é sujeito ao impacto por uma massa M do bloco impactor, deslocando-se a uma velocidade inicial *Vo*, variável de acordo com a energia de impacto pretendida [7]. Neste estudo de impacto dinâmico, as medições de força iniciam-se quando o impactor é detectado pelo sensor óptico e terminam quando o material de prova e o impactor entram em repouso, ou seja, quando a energia cinética inicial for totalmente dissipada (figura 2-16).



Figura 2-16 Parte inferior da máquina de impacto Rosand [7].

A resposta do material de prova é dominada pela fase final do movimento, uma vez que é nesta fase que se desenvolve a deformação plástica. Os ensaios são efectuados numa máquina de impacto (*Rosand Precision Impact Tester*), onde se obtém o impacto controlado de uma massa sobre o material a ensaiar, predefinindo-se a energia incidente, a velocidade de impacto ou altura da massa.

Essa máquina é constituída (Figura 2-17) por uma torre, onde se desloca em queda livre a massa M do impactor que neste caso tem 25 kg, uma unidade de controlo remoto, que contém os módulos electrónicos necessários à gestão dos sistemas da torre, um sistema de aquisição de sinais, um processador para tratamento dos dados e um monitor para visualização dos resultados. Os dados são adquiridos por um sensor de leitura óptica e por uma célula de carga.



Figura 2-17 Máquina de impacto Rosand.

O sensor de leitura óptica, situa-se na parte inferior da torre, sendo ajustado manualmente de modo a ser definido o instante inicial (t = 0 s) do contacto, que é o instante em que a extremidade do impactor toca no material de prova. Esse sensor é accionado por uma mecanismo metálico que se situa numa extremidade da cabeça do impactor que ao passar pelo sensor acciona a aquisição de dados. A célula de carga, está situada na cabeça do impactor, sendo accionada electronicamente no instante em que o peso é libertado. As variáveis primárias usadas para definir a magnitude do impacto, são: a massa, velocidade e energia cinética [7].
A altura está directamente relacionada com a velocidade de impacto através da equação:

$$V = \sqrt{2gh} \tag{2.1}$$

onde v é velocidade, g é a aceleração da gravidade e h é a altura da massa. A massa, a velocidade e energia cinética estão relacionadas através da equação:

$$E_c = \frac{1}{2} Mv^2 \tag{2.2}$$

onde E_c é a energia cinética e M é a massa do impactor. Para o correcto funcionamento do sistema de aquisição de sinal, é necessário introduzir no programa informação sobre a massa do impactor. Além disso especificando-se:

 (i) A energia de impacto, o programa calcula a velocidade de impacto e a altura do impactor é previamente definida;

 (ii) A velocidade de impacto e a altura do impactor calculando a energia de impacto através de software.

Fundamentalmente são adquiridos três dados: tempo, força e velocidade inicial, para que seja possível, determinar o deslocamento e a energia absorvida pelo material de ensaio. A velocidade inicial é obtida em função do tempo que a bandeira metálica leva a atravessar o sensor óptico, sendo a força obtida pela célula de carga. A velocidade é calculada integrando a aceleração no tempo (a aceleração é calculada simplesmente pela força dividida pela massa) usando a velocidade inicial como condição inicial. A aceleração do impactor devido à força de gravidade também é tida em conta. A energia absorvida pelo material de prova também pode ser calculada integrando a força em função da distância percorrida durante o contacto.

2.4.1 Leis do contacto

As deformações locais nas regiões de contacto devem ser levadas em conta em análises de impacto para se prever da forma mais precisa possível o histórico das forças de contacto. A diferença entre o deslocamento do impactor e da face oposta do material de prova, pode ser da mesma ordem ou maior que o deslocamento total do material de prova. Este fenómeno deve ser incorporado no processo de impacto, pois a energia necessária para produzir esta deformação local pode ser apreciável em relação à energia cinética inicial. O impactor e o material de prova podem ser considerados como dois sólidos em contacto, então o problema pode ser considerado como um contacto dinâmico. Esta abordagem é computacionalmente dispendiosa e não é capaz de descrever o efeito da deformação permanente e o dano local no processo de impacto. A fase de impacto no processo pode ser modelada usando apenas leis de contacto determinadas experimentalmente. Para se prever o histórico da força de contacto e a deformação total do material de prova não é necessário que se faça um modelo detalhado da região de contacto. Apesar de o impacto ser um evento altamente dinâmico no qual vários modos de vibração do material de prova são excitados, há leis de contacto estaticamente determinadas, que podem ser usadas na análise de impacto dinâmico em impactos de baixa velocidade. Isto ocorre porque a taxa de deformação e os efeitos de propagação das ondas podem ser negligenciados.

Quando a área de contacto é grande, a deflexão global do material de prova afecta a distribuição de tensão do impactor, esta interacção deve ser levada em conta de forma precisa [1].

2.5 Conclusões

Conforme se pode verificar na descrição das máquinas de impacto em queda livre e instrumentadas, as características mecânicas são semelhantes às máquinas mais antigas para impacto com as mesmas funções. Por esta razão é economicamente viável automatizar a máquina *Rosand* uma vez que toda a parte mecânica se encontra em condições satisfatórias e não sofreu evolução desde a sua concepção. Na automatização de máquinas é necessário fazer um estudo prévio para se ter uma boa percepção das necessidades de cada projecto a realizar. Para se efectuarem medições são necessários dois dados: a altura que é previamente definida, e a massa do impactor. Através destes dados com o sensor óptico podemos medir a velocidade através do tempo medido desde que o impactor é largado até ao ponto de impacto que nos é dado pelo sensor óptico.

2.6. Bibliografia

[1] Consultado em Maio de 2009, disponível em <u>www2.dbd.puc-</u> rio.br/pergamum/tesesabertas/0210646_04_cap_04.pdf.

[2] Consultado em Maio de 2009, disponível em www.instron.com

[3] Consultado em Maio de 2009, disponível em <u>http://hypescience.com/incriveis-imagens-de-ataques-de-aves-contra-avioes</u>

[4] Consultado em Maio de 2009, disponível em <u>http://ciberia.aeiou.pt/gen.pl?p=stories&</u> op=view&fokey=id.stories/900

[5] Consultado em Maio de 2009 ,disponível em <u>www.instron.com.br/wa/library/</u> StreamFile.aspx?doc=1567

[6] Consultado em Maio de 2009 <u>www.cimm.com.br/cimm/construtordepaginas/htm/</u> <u>3 24 8445.htm</u>

[7] Dina M. Dimas, C. Guedes Soares, Estudo experimental e numérico de vigas encastradas sujeitas a impacto a meio vão, consultado em Maio de 2009

Capítulo3

A máquina de ensaios de impacto Rosand

A máquina de impacto *Rosand* efectua ensaios de queda livre de pesos. Esta é utilizada em ensaios para medição da força de impacto e permite o cálculo da velocidade através da contagem do tempo na queda do peso metálico a partir de uma altura pré-definida até ao momento de impacto com o material de prova.

Na explicação das especificações e do funcionamento da máquina, ficou a ideia que a tarefa seria trabalhosa uma vez que o motor não funcionava e todos os sistemas de monitorização e controlo apresentavam falhas. Posteriormente na tentativa de se efectuar uma reparação, fizeram-se algumas alterações nas ligações e retiraram-se os sensores para colocar o motor de corrente contínua em funcionamento. Mas isso só foi conseguido de modo aleatório, rapidamente se verificou que a placa de comando do motor e os sistemas de controlo não poderiam ser reparados. Uma vez que a reparação não era possível e todo o sistema estava obsoleto, optou-se pela substituição do motor e pela remodelação de todos os instrumentos de parametrização, monitorização e controlo.

Este capítulo faz uma referência às modificações realizadas na máquina *Rosand* e descreve os principais dispositivos mecânicos e eléctricos que a constituem.

Tendo em conta a reestruturação de qualquer máquina, consideraram-se alguns aspectos relevantes atendendo às suas características eléctricas, mecânicas e às especificações de utilização de cada equipamento. Assim, é sempre questionável se determinado dispositivo deve ser ou não substituído e quais as implicações que essas alterações poderão ter na máquina sempre com o intuito de melhorar o seu funcionamento considerando sempre os custo inerentes a cada projecto.



O diagrama de blocos da figura (3-1) faz uma descrição dos elementos de *hardware* e da interligação entre os dispositivos que constituem a máquina.

Figura 3-1 Diagrama de blocos do hardware modificado.

3.1 Dispositivos mecânicos

A máquina possui diversos dispositivos mecânicos mas salientam-se aqueles que estão interligados ao controlo e à segurança. A figura (3-2) mostra os dispositivos mais relevantes que se encontram na parte frontal da máquina.



Figura 3-2 Dispositivos mecânicos da parte frontal da máquina.

Garras de Protecção

As garras de protecção servem para impedir que o peso caia sobre os materiais de prova na ocorrência de algum imprevisto. Assim o sistema só permite a libertação do peso quando o utilizador termine a fixação do material de prova e accione a abertura das garras.

Eixo Metálico

Os eixos metálicos são utilizados para garantirem a trajectória do peso na vertical, protegendo equipamentos e pessoas. Estes devem estar convenientemente ajustados para evitarem o atrito do peso na queda.

Mecanismo do 1º bloco pneumático

Este mecanismo impede um segundo contacto do peso com o material de prova, resultante do amortecimento provocado no 1º impacto evitando erros de leitura nos dados fornecidos pela célula de carga

Mecanismo do 2º bloco pneumático

O mecanismo do segundo bloco (figura 3-3) tem função idêntica ao do 1º bloco, é seleccionado em testes realizados com pesos inferiores, uma vez que na fase posterior ao impacto o seu amortecimento é menor e por este motivo a altura do segundo bloco é superior.



Figura 3-3 Dispositivos mecânicos interiores.

O segundo bloco realiza um deslocamento lateral para o centro até ao fim de curso do cilindro do sistema de *clamping*, quando é accionado pelo utilizador. No final do tempo de leitura o mecanismo de accionamento do *clamping* volta à posição inicial.

Redutora

A redutora faz a interligação do guincho ao motor e na outra extremidade do eixo possui uma roda dentada que variará a posição do potenciómetro. Esta posição corresponde a uma tensão referente à altura em que se encontra o peso metálico.

Impactor

O impactor é apertado na cabeça do peso metálico onde está inserida a célula de carga.

- Responsável pelo contacto entre o peso e o material de prova
- Deve estar devidamente apertado para que os valores obtidos estejam correctos.

Material de prova

É colocado sobre o sistema de fixação e deve ser de dimensão igual ou superior a este, para que o braço pneumático possa fixar o material de prova convenientemente (Figura 3-4).



Figura 3-4 Sistema de fixação do material de prova.

Sistema pneumático

O sistema pneumático tem duas funções importantes na máquina:

- A fixação do material de prova (Figura 3-4) para que este não se desloque com a trepidação da máquina em movimento.
- Impedir que o impactor entre em contacto com o material de prova depois do impacto, através do accionamento do 1º ou 2º bloco, caso contrário poder-seiam efectuar interferências nas leituras que induziriam em resultados errados como foi descrito anteriormente.

A figura (3-5) apresenta o painel de comando pneumático existente na máquina. Como se pode verificar no lado direito, o sistema é constituído por válvulas que permitem a distribuição de ar pelos blocos pneumáticos e pela barra de fixação. O controlo de funcionamento é feito pelo autómato e é comandado pelo utilizador através da consola táctil.



Figura 3-5 Painel de comando pneumático e respectivos elementos.

3.2 Hardware utilizado

A substituição do *hardware* danificado foi uma tarefa árdua e morosa visto que alguns elementos possuíam sistemas auxiliares de protecção e de funcionamento. Entre os dispositivos removidos encontram-se: o motor de corrente contínua juntamente com o seu bloco de comando e potência, os circuitos de controlo, o painel de parametrização e o ecrã de visualização dos gráficos (figura 3-6).



Figura 3-6 Hardware substituído na máquina de impacto.

3.2.1 Motor com freio electromagnético e conversor

O motor CC juntamente com os seus circuitos de comando e potência, foram removidos uma vez que se encontraram várias anomalias que impediam o seu correcto funcionamento (Figura 3-7).



Figura 3-7 Circuitos de potência e comando do motor CC removidos.

Assim optou-se pela aquisição de um motor indução trifásico pela sua facilidade de comando. A sua escolha requereu alguma atenção uma vez que foi necessário ter em conta o binário, a potência, as dimensões, a qualidade, o preço, adaptabilidade às funcionalidades da máquina e a facilidade de manuseamento de modo a executar-se o projecto sem grandes alterações eléctricas e mecânicas.

O equipamento adquirido traz acoplado um redutor (Figura 3-8), que possui uma adaptação mecânica para encaixar no guincho que contém um cabo de aço, que sustenta o peso de impacto.

Na elevação de cargas utilizam-se motores com freio electromagnético para melhor segurança de pessoas e equipamentos.



Figura 3-8 Motor SEW AC trifásico de indução com freio electromagnético.

O freio magnético é utilizado para manter a carga na posição em que o motor é desligado. Este também é dimensionado consoante a carga máxima que poderá suster.

Quando o motor é alimentado as bobinas eléctricas do freio, por acção magnética, realizam a abertura do conjunto, libertando o rotor no arranque do motor. Ao cessar a alimentação, por acção de molas, o conjunto fecha e o rotor é travado (Figura 3-9).



Figura 3-9 Esquemático de um freio electromagnético [8].

Para comando do motor foi adquirido um conversor de frequência (figura 3-10) que possui:

- Uma entrada monofásica de alimentação.
- Uma saída trifásica para alimentação do motor.
- Uma entrada analógica que permite regular a velocidade do motor.
- Duas saídas digitais que definem o sentido de rotação do motor.
- Uma saída digital que acciona o contactor para alimentação do freio electromagnético.



Figura 3-10 Conversor de frequência MC07B0003-5A3-4-00 SEW.

O conversor também serve para protecção de equipamentos, na medida em que, qualquer ligação que esteja mal efectuada faz com que este não funcione, mostrando uma mensagem de erro no *display*. Na figura (3-11), o bloco X10 refere-se à entrada analógica do conversor que poderá ser de tensão contínua de 0 a 10 volts ou de corrente de 0 a 20 mA. O bloco X12 refere-se às entradas digitais que definem o sentido de rotação do motor. O bloco X13 refere-se às saídas para comando do contactor de ligação do freio electromagnético.



Figura 3- 11Esquema de ligações do conversor de frequência [9].

3.2.2. Sensores

A máquina da Rosand possui diversos sensores alguns servem para protecção de pessoas e equipamentos, outros são utilizados para determinar o início e o fim de curso ainda possui um sensor óptico que define o tempo utilizado no cálculo da velocidade do peso metálico no momento de impacto.

Sensores Magnéticos

Os sensores magnéticos baseiam-se geralmente no princípio magneto-resistivo ou no princípio Hall.

Como se pode verificar na figura (3-12), o sensor magnético está associado a um íman que ao ser aproximado do sensor faz com que este fique activo.



rigura 3-12 ocusor magnetico No 337-213 e iman No 330-13).

Uma vez que o interior da máquina de impacto está sujeito a poeiras que se acumulam com a sua utilização, estes sensores são ideais para a protecção de pessoas e equipamentos. Por este motivo são colocados nas portas frontais, no suporte para detecção do peso e no fim de curso da máquina (figura 3-12). Para economizar condutores os sensores das portas frontais estão ligados em série, por isso basta que uma porta se encontre aberta para activar o alarme de segurança.

Sensor óptico

Os sensores ópticos são muito utilizados para o cálculo de velocidade, uma vez que possuem elevada precisão e excelente tempo de resposta. Na máquina de impacto o sensor óptico serve como início de curso, como referência para a altura e para medir a velocidade do peso metálico no impacto. A figura (3-13) mostra o sensor utilizado na máquina e o respectivo circuito interno.



Figura 3-13a) Sensor EE-SX771 OMRON b) Circuito do sensor e tensões de referência [10].

Sensor On-Off de segurança

Os interruptores *On-Off* de segurança (figura 3-14), são combinados com outros dispositivos no controlo de equipamentos. Quando este sensor é accionado, o motor pára na fase de descida e permite a recolha do peso metálico para iniciar novo ensaio.



Solenóides

Na máquina de impacto podem-se encontrar três solenóides. Um é utilizado para recolher e largar o peso (Figura 3-15), os outros dois são utilizados para abrir as garras de protecção, possibilitando desta forma a queda do peso sobre o material de prova.



Relé e contactor

Na máquina de impacto o relé está associado ao sensor óptico. Uma entrada do relé liga directamente a 24 *Volts*, a outra entrada liga ao sensor óptico que quando está activo tem 0 Volts na saída, accionando assim a entrada do autómato. O contactor é activo a 24V pelo variador, permitindo a alimentação do freio electromagnético. A figura (3-16) mostra as ligações do relé e do contactor.



---- Contactor ---- Relé Figura 3-16 Ligações do relé e do contactor.

Potenciómetro utilizado na medição da altura

Uma vez que a máquina possuía um potenciómetro ligado mecanicamente através de rodas dentadas ao guincho, por questões económicas, optou-se por reutilizar este equipamento evitando-se alterações mecânicas na fixação de um *encoder*. A figura (3-17) mostra a montagem mecânica e eléctrica do sistema de medição de altura.



Figura 3-17 Montagem mecânica e eléctrica do potenciómetro de medição da altura.

Célula de carga

Na medição do peso utilizou-se uma célula de carga piezoeléctrica de alta precisão (Figura 3-18). As células piezoeléctricas são caracterizadas pela sua robustez, pela boa resposta a sobrecargas, e pela sua boa resolução mesmo para valores de carga elevados. Estas são largamente aplicadas na medição de forças em máquinas laboratoriais de ensaios de impacto.



Figura 3-18 Célula piezoeléctrica Kistler 9031A de alta precisão.

Para ligar a célula de carga ao autómato foi utilizado o equipamento da (Figura 3-19 a) para fazer o acondicionamento de sinal. Este distingue-se pela sua robustez em meios industriais oferecendo por isso garantias de um bom desempenho. É constituído por uma entrada de sinal da célula de carga, possui uma porta RS-232 para configuração da sensibilidade do sensor, para escolha do filtro, para regulação da sensibilidade, para detecção de pico e para ajuste de *offset*. Possui uma outra porta de 15 pinos para a alimentação do amplificador, para selecção do controlo pretendido e para saída analógica de 0 a 10 *Volts* (Figura 3-19 b).



Figura 3-19 Amplificador industrial para condicionamento de sinal e respectivas ligações.

O módulo de acondicionamento permite configurar alguns parâmetros de acordo com a célula de carga a utilizar. Para tal é necessária a consulta da folha de características para verificação da sensibilidade da célula utilizada. O módulo de acondicionamento de sinal é configurado com um software do fabricante (Figura 3-20), permitindo a parametrização dos seguintes factores:

- Sensibilidade da célula de carga (valor consultado na folha de características).
- Primeiro factor multiplicativo de calibração, que é utilizado quando se pretende maior sensibilidade da célula de carga.
- Segundo factor multiplicativo de calibração, que é utilizado quando se pretende menor sensibilidade na célula de carga.

- Ajuste de Offset, que permite a correcção dos valores lidos.
- Opção de memorização do valor de pico.
- Valor da frequência pretendida do filtro passa baixo.

Além dos parâmetros a introduzir no acondicionamento de sinal, também permite a selecção do factor multiplicativo, guardar os parâmetros configurados, abrir parâmetros guardados, iniciar medições e correcção de erros de comunicação.



Figura 3-20 Software de parametrização da célula de carga.

3.2.3 Monitorização, parametrização e controlo *CP1L-M30* e *MAD01*

O sistema de controlo da máquina foi totalmente removido por não oferecer as garantias necessárias ao funcionamento correcto da máquina (Figura 3-21 a). Em substituição foi utilizado o autómato *CP1L-M30* da *OMRON* e uma carta analógica *MAD01* permitindo um controlo fácil e fiável de todo o sistema (Figura 3-21 b). O *CP1L* foi seleccionado tendo em conta o número de entradas e saídas digitais, por permitir o acoplamento de mais que um módulo de controlo e pela facilidade de comunicações com outros dispositivos além possuir boa relação qualidade/preço.



Figura 3-21 Sistema de controlo a) Substituído. b) Actual utilizando o CP1L e a MAD01.

O *CP1L-M30* disponibiliza os endereços de 0 a 99 para controlo de entradas e de 100 a 199 para controlo de saídas (Figura 3-22).



Figura 3- 22 Descrição das áreas reservadas para controlo de entradas e saídas.

Dentro dos bits reservados para entradas, constam os bits utilizados para as entradas digitais. Esses bits só devem ser utilizados para ligar periféricos que alteram os seus estados. O método de utilização para as saídas é igual, só que estes bits estão reservados para controlar dispositivos externos activando ou desactivando as saídas digitais. Assim os endereços de 0.00 a 0.15 e de 1.00 a 1.15 correspondem às entradas digitais. Os endereços 100.00 a 100.15 e de 101.00 a 101.15 correspondem às saídas digitais (Tabela 3-1). Os endereços de 2 a 5 são reservados para as entradas analógicas enquanto os endereços 102 e 103 são reservados para as saídas analógicas

Tabela 3-1 Descrição dos bits reservados para entradas e saídas

	CPU Unit	Allocated words		Number of
		Input bits	Output bits	and Expansion I/O Units connected
	CPU Unit with 14 I/O points	CIO 0	CIO 100	1
	CPU Unit with 20 I/O points		CIO 100	1
<	CPU Unit with 30 I/O points	CIO 0 and CIO 1	CIO 100 and CIO 101	3
	CPU Unit with 40 I/O points	CIO 0 and CIO 1	CIO 100 and CIO 101	3

A carta analógica é um sistema de aquisição de dados analógicos em corrente ou tensão contínuas (Figura 3-23). Este dispositivo tem 2 entradas e uma saída analógica. Uma entrada da carta recebe a tensão referente à altura em que se encontra o peso, a outra recebe a tensão do acondicionamento de sinal referente à força medida. Os dados recebidos são processados e armazenados em registos no *PLC*. A saída analógica da carta é responsável por alimentar o variador com uma tensão proporcional à velocidade que se pretende.



Figura 3-23 Ligações do CP1L-M30 e da MAD01.

Consola táctil NS5-MQ10

O painel de parametrização e monitorização (Figura 3-24 a) foi substituído integralmente e simplificado com a utilização da consola táctil *NS5-MQ10*, permitindo um acesso fácil à leitura dos resultados experimentais e aos botões de comando. No painel frontal foi adicionado o sistema de paragem de emergência por se encontrar num local de acesso rápido na eventualidade de qualquer anomalia (Figura 3-24 b).



Figura 3-24 Sistema parametrização e monitorização a) Substituído b) Actual.

O ecrã táctil é um tipo de tela sensível ao toque, dispensando assim a necessidade de outro periférico de entrada de dados, como por exemplo o teclado. Este funciona também como filtro para as radiações do monitor e elimina a electricidade estática.

A película táctil pode ser activa com a pressão de um dedo ou de uma caneta de feltro (sem tinta). Este ecrã é ideal para jogos, para desenho em computador, ou outras actividades pedagógicas. São especialmente utilizados em *PDAs*, em terminais bancários de distribuição de dinheiro e começam a ser largamente utilizados em domótica [11].

Existem quatro tipos de ecrãs tácteis que funcionam como dispositivos de entrada: resistivos, capacitivos, Surface Acoustic Wave (*Saw*) e infravermelhos [12].

O ecrã utilizado é de tecnologia capacitiva (Figura 3-25). Estes tipos de ecrãs são de vidro e são concebidos para equipamentos industriais. O seu funcionamento baseia-se numa corrente de baixa intensidade que percorre os cantos que ao serem tocados interrompem o funcionamento da consola inicializando-a [12].



Capacitive Touch Screen Technology

Figura 3-25 Ecrã táctil com tecnologia capacitiva [12].

Este está equipado com uma ligação *USB* para transferir projectos e pode efectuar comunicações através da Ethernet. Uma grande vantagem da série *NS5* consiste em poder utilizar os componentes activos inteligentes *SAP*, exclusivos da *Omron*, que lhe permitem poupar tempo na configuração, na colocação em funcionamento e na manutenção da máquina. Os *SAP* são objectos de visualização previamente testados e programados com código de comunicação incorporado, proporcionando a simplicidade do método "arrastar e largar" no design da HMI. A *NS5* permite o registo de dados num cartão de memória *CompactFlash*.



A consola ou ecrã táctil utilizada é a NS5-MQ10 OMRON (Figura 3-26).

Figura 3-26 Ecrã táctil NS5-MQ10 OMRON.

A consola para além da monitorização dos dados na interligação com o *PLC*, é utilizada para definir a altura pretendida de impacto, apresenta a leitura gráfica dos valores da célula e controla a máquina.

3.2.4 Conectores e identificação das ligações

A identificação dos condutores (Anexo III) foi uma tarefa complexa uma vez que alguns condutores estavam desligados e não era possível uma identificação rápida por se localizarem em zonas de isolamento dos conectores, por esta razão procedeu-se à rectificação das ligações de todos os conectores evitando anomalias futuras. De forma a não modificar a estrutura de ligações da máquina mantiveram-se as mesmas fichas de conexão (Figura 3-27).



Figura 3-27 Fichas de conexão e pinos de conexão utilizados.

As etapas anteriores são importantíssimas para o bom funcionamento dos equipamentos evitando-se danos provocados por tensões ou correntes indesejadas.

Ligações RS-232

As ligações *RS-232* são largamente utilizadas em *PCs* para comunicação de dados com periféricos e quando os computadores não estão equipados com portas série utilizam-se conversores *USB*-Serie para se realizarem as operações de transferência de dados. Cada periférico tem ligações específicas, assim sendo, para cada periférico é necessário verificar o tipo de ligação que utiliza nos respectivos manuais de utilização. No projecto foram utilizadas duas ligações *RS-232*:

• Ligação entre o Ecrã táctil e o PLC (Figura 3-28)

Esquema de ligação entre o Ecrã e o PLC



Figura 3-29 Ligação entre o Amplificador e o PC.

3.3 Conclusões

Na escolha dos equipamentos teve-se em conta a sua funcionalidade, a sua robustez, a sua fiabilidade e por último a relação qualidade preço. Assim depois de verificada toda a estrutura mecânica concluiu-se que era viável a sua automatização, uma vez que a estrutura mecânica na sua globalidade não sofreu grandes evoluções desde o seu início de fabrico até à actualidade.

O motor e o variador são equipamentos de excelente qualidade para dar resposta a uma possível utilização intensiva da máquina.

Os sensores magnéticos da máquina pela sua fiabilidade, longevidade e preço são dispositivos que ainda se fabricam por isso como se encontram em boas condições, foram reutilizados. O sensor óptico foi adquirido, uma vez que o existente não preenchia os requisitos mínimos para se interligar com o autómato.

Para cérebro da máquina foi escolhido o autómato *CP1L-M30* que por ser um equipamento compacto, com algumas facilidades de expansão e preparado para funcionar nas mais diversas aplicações industriais.

Para interface com o utilizador e parametrização foi escolhido o ecrã táctil *NS5-MQ* pela sua facilidade de configuração e versatilidade na utilização.

Para que todo o processo funcione como se pretende, todos os dispositivos devem estar interligados convenientemente, de forma que respondam positivamente quando são chamados a intervir. Se algo não funcionar poderão ser feitos reajustes na programação do autómato para minimizar ou corrigir as anomalias

A máquina também dispõe de uma fonte de alimentação e um circuito de controlo de temperatura. Como ainda se encontram em funcionamento não houve a necessidade de serem substituídos. A incorporação do sistema de temperatura no processo não foi um requisito colocado pelo responsável do laboratório, uma vez que, os ensaios de temperatura são utilizados com pouca frequência neste tipo de máquinas.

Contudo apesar de não se incorporar o circuito de controlo de temperatura as suas ligações foram verificadas assim como o seu funcionamento.

Na eventualidade de um acoplamento futuro os sistemas adquiridos estão preparados para a integração do sistema de controlo de temperatura uma vez que no estudo inicial do projecto essas alterações foram previstas.

3.4 Bibliografia

[8] Manual de Instruções SEW, edição 2006/2007, consultado em Dezembro de 2008

[9] Movitrac System Manual, edição 02/2008, consultado em Dezembro de 2008

[10] Datasheet, PhotomicrosensorEE-SX77/87with, OMRON, consultado em Janeiro de 2009.

[11] wikipedia, *ecrã táctil*, consultado em Maio de 2009, disponível em < <u>http://pt.wikipedia.org/wiki/Ecr%C3%A3_t%C3%A1ctil</u>>

[12] touch ecrã technologies, consultado em Junho 2009, disponível em < <u>http://www.nextwindow.com/benefits/comparative.html</u>>

Capítulo4

Desenvolvimento do software

Este capítulo descreve o desenvolvimento do *software* para monitorização, parametrização e controlo da máquina *Rosand*. Neste capítulo são enumeradas as entradas e saídas do sistema, é feita a descrição do funcionamento da máquina *Rosand*, são referidos os procedimentos de um ensaio de impacto e é mostrada a implementação em grafcet. Finalmente é feita uma descrição da implementação do Ladder e dos ecrãs utilizados. Como apoio a este capítulo está o anexo I que descreve a programação da consola e **anexo II** que faz referência aos valores de calibração da altura.

4.1.Entradas e saídas do sistema impacto

A identificação das entradas e saídas do sistema de impacto é talvez a tarefa mais relevante de todo o projecto, pois a partir da sua correcta identificação é que se define o autómato a adquirir e que se implementa o software.

Entradas

- S4-Sensor óptico de início de curso É utilizado para definir a altura de referência ou seja o ponto de impacto e define o final da contagem de tempo na queda do peso metálico (Figura 4-1).
- S5-Sensor de portas frontais É utilizado na protecção de pessoas e está interligado com a paragem de emergência, ou seja se uma porta é aberta ou o botão de paragem é accionado, a máquina bloqueia e soa o alarme.
- P- Paragem de emergência Como foi descrito anteriormente, está interligado com o sensor de portas frontais e ao ser pressionado bloqueia a máquina.
- S6-Sensor de fim de curso Quando activo pára a subida do motor.
- S7-Sensor de detecção de peso Define o início de contagem do tempo para a velocidade quando a peça é libertada.
- S8-Sensor On-Off de segurança Quando é accionado termina a contagem do tempo extra (D15), de seguida o motor desliga e o peso metálico é recolhido.



Figura 4-1 Identificação entradas físicas.

- **C04-Consola sobe peso** É accionado a partir da tecla subir da consola.
- C05-Consola desce peso Accionado a partir da tecla descer da consola.
- C11-Consola anula altura pretendida Ao ser escolhido, o motor pára se estiver em fase de subida (Figura 4-2).



Figura 4-2 Entradas C4, C5 e C11 definidas no ecrã posição.

- **C07-Consola abre garras -** É seleccionado quando estão verificadas todas as condições para inicio das leituras (Figura 4.3).
- **C13-Consola opção pneumática** Utilizado sempre que se pretender a opção pneumática, a sua escolha é definida na consola.

- **D10-Consola recolhe peça** Esta opção é utilizada quando ocorre qualquer anomalia no processo da recolha do peso metálico.
- D12 Consola activa 1º bloco Seleccionada quando a opção pneumática é accionada na utilização de pesos mais pesados.
- D13 Consola activa 2º bloco Seleccionada quando a opção pneumática é accionada na utilização de pesos mais leves.



Figura 4-3 Entradas C07, C13, D10, D12 e D13 definidas no ecrã impacto.

- **C06-Consola larga peça** Escolhido posteriormente à abertura de garras.
- D11-Consola ler Amplificador É accionada automaticamente, mas pode ser utilizada como opção manual de leitura a partir da consola, em testes de calibração da célula de carga (Figura 4-4).
- D14 Consola memorização do valor de pico Esta opção é accionada para que o amplificador memorize o maior valor medido nas leituras efectuadas.



Figura 4-4 Entradas C6, D11 e D14 definidas no ecrã Leitura.

- C14 Comparação da altura actual O sistema compara constantemente a altura pretendida com a altura actual e quando esta for igual ou superior à altura pretendida o motor pára.
- C15 Compara altura limite Esta entrada é accionada sempre que a altura actual é igual ou superior à pretendida e é utilizada como protecção evitando que o peso metálico atinja o sensor de fim de curso.
- D15 Tempo Extra de descida Esta entrada é utilizada para corrigir um erro mecânico da máquina, deste modo o processo de descida mantém-se, até à activação do sensor *On-Off* para a recolha automática do peso.
- D16 Tempo de leitura É utilizada para definir um intervalo de tempo de leituras, evitando-se leituras desnecessárias

Saídas

- (On) O04 Activar relé deslocar motor para Cima K13 Accionado quando o motor sobe o peso metálico.
- (Off) O04 Desligar relé deslocar motor para Cima K13 Accionado quando as portas são abertas, quando o botão de paragem de emergência é accionado, quando a leitura pretendida ou a altura limite é igual ou inferior à altura actual ou quando o sensor de fim de curso detecta o peso metálico.
- (On) O05 Activar relé deslocar motor para Baixo K14 Activo quando o
 peso metálico não é detectado pelo respectivo sensor ou quando é pressionado o
 botão descer na consola.
- (*Off*) O05 Desligar relé deslocar motor para Baixo K14 É activo quando as portas são abertas, quando o botão de paragem de emergência é accionado ou quando o sensor ON-OFF é accionado no final da contagem de tempo extra.
- 006 Largar Peso metálico Accionado para libertação do peso metálico
- O00 Recolher Peso metálico É ligado manualmente ou automaticamente na recolha do peso metálico.
- O07 Abrir garras de protecção Accionada para que o peso caia sobre o material de prova.

- **O02 Válvulas Pneumáticas 1º Bloco** Utilizadas para impedir o segundo contacto do peso metálico com o material de prova (pesos superiores).
- **O03 Válvulas Pneumáticas 2º Bloco** Igual ao 1º bloco, em pesos inferiores.
- O13 Opção pneumática Utilizada nos testes em que a altura pretendida é mais elevada.
- O01 Alarme Liga sempre que as portas frontais são abertas ou o botão de paragem de emergência é pressionado.
- O12 Activar canal 1 do amplificador Esta opção está sempre ligada uma vez que só existe um canal de leitura.
- **O10 Leitura do amplificador** Activo automaticamente no processo de impacto ou manualmente para calibração da célula de carga
- O11 Valor de pico Ligado para memorizar maior valor medido pela célula.

4.2 Funcionamento da Rosand

Ao ligar-se a máquina *Rosand* são verificadas 3 condições: se o botão de paragem está accionado, se as portas estão fechadas e se o peso metálico é detectado. Se as portas estiverem fechadas e o botão de paragem de emergência desligado processa-se a próxima condição. Esta condição determina que o motor se movimente no sentido de descida para a recolher o peso quando este não é detectado.

Depois de verificadas as três condições é necessário ajustar a posição inicial que determina o ponto de impacto, em que o sensor óptico deve ficar alinhado com a extremidade inferior do mecanismo do peso metálico (Figura 4-5).



Figura 4-5. Mecanismo de ajuste da posição inicial.

De seguida é necessário definir a altura pretendida para o impacto e o peso é elevado até essa altura. Nessa posição abrem-se garras e a partir do momento em que o peso é libertado o processo reinicia. O fluxograma da figura (4-6) descreve as acções de controlo efectuado na máquina.



Figura 4-6. Funcionamento da máquina Rosand.

4.3 Procedimentos de um ensaio na Rosand

- Colocar o material de prova no sistema de fixação.
- Fixar o material de prova accionando o botão localizado na lateral da porta frontal (Figura 4-7).
- Seleccionar "Descer" manualmente até que o impactor esteja na iminência de tocar o material de prova.
- Ajustar o sensor óptico através do motor de passo, colocando-o na direcção do limite inferior do mecanismo de leitura óptica.



Figura 4-7 Perspectiva geral da máquina de Impacto Rosand.

- Escolher impacto, entrar no screen calibração e colocar no *offset* de altura o valor da altura actual.
- Voltar ao *screen* posição e colocar a altura pretendida verificando se a altura actual é nula.
- O peso metálico é elevado até à altura pretendida.

- No screen impacto define-se a utilização da opção pneumática e do bloco pretendido.
- Seleccionar abrir garras.
- Abre o screen leitura e opcionalmente o screen gráfico, para visualizar os dados.
- Seleccionar largar e para melhor visualização do gráfico escolher escala.
- Ajustar os valores, da amplitude superior, amplitude inferior e número de pontos e visualizar se o gráfico está convenientemente ajustado.

A utilização da máquina *Rosand* requer alguma atenção na realização do primeiro ensaio, posteriormente, como se fazem vários ensaios à mesma altura, o número de etapas reduz drasticamente uma vez que só é necessário retirar o material de prova ensaiado, colocar o novo material e fixa-lo convenientemente. O motor desce para recolher o peso e volta à posição da altura pretendida, aguardando a ordem do operador para largar o peso metálico, iniciando novo ensaio.
4.4 Grafcet de controlo da Rosand

Para elaboração do *grafcet* o primeiro passo foi definir a tabela de receptividades (Tabela 4-1).

$1 a \beta c a \tau^{-1}$ $1 a \beta c a u c c c c \beta c c c c c c c c c c c c c c$	Tabela 4-1	Tabela	de rece	ptividades
---	------------	--------	---------	------------

Descrição	Receptividades
Sensor óptico de início de curso (input 0.04)	S4
Sensor portas frontais (input 0.05)	S5
Sensor fim de curso (input 0.06 lógica inversa)	S6
Sensor Detecção Peso (input 0.07)	S7
Sensor de segurança (input 0.08)	S8
CC0Paragem Emergência (input 0.02)	Р
Consola Sobe Motor (101.04)	C04
Consola Desce Motor(101.05)	C05
Consola Larga Peça (101.06)	C06
Consola Abre Garras (101.07)	C07
Consola anula altura pretendida (101.11)	C11
Consola Opção Pneumática (101.13)	C13
Comparação altura actual (101.14)	C14
Compara Altura Limite (101.15)	C15
Consola recolhe peça (100.10)	D10
Consola activa 1ºBloco (100.12)	D12
Consola activa 2ºBloco (100.13)	D13
Consola ler Amplificador (100.11)	D11
Consola memorização valor de pico (100.14)	D14
Tempo Extra (100.15)	D15
Tempo de leitura (C60)	D16

Posteriormente define-se a tabela de acções, referente às saídas do sistema (Tabela 4-2).

Tabela 4-2 Tabela de acções.

Operações	Acção
Activar relé deslocar motor para Cima K13 (On output 100.04)	(<i>On</i>)O04
Desligar relé deslocar motor para Cima K13 (Off output 100.04)	(<i>Off</i>)O04
Activar relé deslocar motor para Baixo K14 (On output 100.05)	(<i>On</i>)O05
Desligar relé deslocar motor para Baixo K14 (Off output 100.05)	(<i>Off</i>)O05
Largar Peça (output 100.06)	O06
Recolher Peça (<i>output</i> 100.05)	O00
Abrir garras de protecção (<i>output</i> 100.07)	O07
Válvulas Pneumáticas 1º Bloco (output 100.02)	O02
Válvulas Pneumáticas 2º Bloco (output 100.03)	O03
Opção pneumática(output 101.13)	013
Alarme (output 100.01)	O01
Activar canal 1 do amplificador (<i>output</i> 101.02)	O12
Leitura do amplificador (<i>output</i> 101.00)	O10
Valor de pico (<i>output</i> 101.01)	011



O grafcet da figura (4-8) descreve o modo de funcionamento da máquina.

Figura 4-8 Grafcet da máquina de impacto Rosand.

- Etapa 0. Esta etapa encontra-se activa quando a máquina é ligada e se verificarem as condições: o peso é detectado, as portas estão fechadas, o botão de paragem de emergência está desligado, a altura pretendida é nula.
- Etapa 1. Nesta etapa o peso metálico é elevado até à altura pretendida manualmente ou por introdução do valor.
- **Etapa 2.** Quando o peso metálico está posicionado na altura pretendida o motor pára ou quando o utilizador termina a subida manual do peso.
- Etapa 3. Activa 1º bloco, quando é accionado o botão de opção pneumática e é escolhido o primeiro bloco.
- Etapa 4. Activa 2º bloco, quando é accionado o botão de opção pneumática e é escolhido o segundo bloco.
- **Etapa 5.** Abre garras a seguir à escolha dos blocos pneumáticos ou então se opção pneumática for dispensável.
- Etapa 6. Activa a opção de memorização do valor de pico quando escolhida e liberta o peso metálico depois da abertura das garras.
- Etapa 7. Habilita o canal 1 do amplificador para leituras e activa o seu controlo.
- **Etapa 8.** Liga o motor no sentido em que se processa a recolha do peso quando este não é detectado ou desce peso metálico manualmente.
- Etapa 9. Para o motor quando o sensor de segurança *On-Off* é activo e faz a recolha do peso metálico de forma manual ou automaticamente.
- Etapa 10.– Liga o alarme quando as portas frontais são abertas ou quando o botão de paragem de emergência é pressionado.

4.5 Implementação da aplicação do *Software* no autómato

A implementação da aplicação de software foi realizada com o pacote de software *CX-ONE* que contém o CX-Program responsável pela implementação *Ladder* no autómato e o *CX-Designer* responsável pela programação da consola táctil (anexo I). Este pacote de *software* ainda permite realizar simulações entre o *CX-Program* e o *CX-Designer* como se o autómato e a consola estivessem ligados fisicamente, facilitando todo o processo de programação e configuração dos sistemas.

O *CX-Program* além da linguagem *Ladder* permite uma linguagem de texto estruturado semelhante ao *Basic*, para criar funções matemáticas complexas. Para este efeito o CX-Program tem uma opção que permite gerar blocos de funções, que aumentam consideravelmente a funcionalidade da máquina e diminuem o tempo disponibilizado na programação.

O *CX-Designer* apresenta uma *interface* de utilizador totalmente personalizável com ícones para a maior parte das funções. O seu aspecto e funcionamento é semelhante ao Windows e a *interface* com o utilizador é totalmente personalizável. Este software é utilizado para configurar e programar a consola *NS5* definindo o seu modo de funcionamento [13].

Configuração das cartas analógicas

A primeira tarefa a efectuar foi a parametrização das cartas analógicas. Para tal foi necessário consultar a tabela (4-3) que descreve o seu modo de configuração.

Range code	Analog input 1 signal range	Analog input 2 signal range	Analog output signal range
FF00	0 to 10 V	0 to 10 V	0 to 10 V/4 to 20 mA
FF01	0 to 10 V	0 to 10 V	-10 to 10 V/4 to 20 mA
FF02	1 to 5 V/4 to 20 mA	0 to 10 V	0 to 10 V/4 to 20 mA
FF03	1 to 5 V/4 to 20 mA	0 to 10 V	-10 to 10 V/4 to 20 mA
FF04	0 to 10 V	1 to 5 V/4 to 20 mA	0 to 10 V/4 to 20 mA
FF05	0 to 10 V	1 to 5 V/4 to 20 mA	-10 to 10 V/4 to 20 mA
FF06	1 to 5 V/4 to 20 mA	1 to 5 V/4 to 20 mA	0 to 10 V/4 to 20 mA
FF07	1 to 5 V/4 to 20 mA	1 to 5 V/4 to 20 mA	-10 to 10 V/4 to 20 mA

Tabela 4-3 Tabela de configuração das cartas analógicas MAD01 [14].

Uma vez que as entradas recebem valores de tensões de 0 a 10V, as saídas são configuradas com o valor FF00 (Figura 4-9), como está descrito na tabela (4-3).



Figura 4-9 Configuração das cartas analógicas.

Os endereços 2, e 4 do autómato são reservados para as entradas analógicas das cartas. Estes valores são recebidos e armazenados em endereços de memória através de instruções específicas para o efeito (Figura 4-10).

Quando se utilizam cartas analógicas no autómato *CP1L*, é necessário provocar um atraso de 0,4 segundos. Este atraso faz com que as leituras das cartas não coincidam com a sua inicialização. Se o atraso não for configurado, sempre que se desliga o autómato as cartas ficarão desconfiguradas e os valores lidos são incorrectos.



Figura 4-10 Endereços de armazenamento de dados das entradas da carta analógica.

Ecrã Calibração

Para que os valores das leituras realizadas sejam coerentes com os valores teóricos é necessário que a calibração efectuada seja rigorosa. Este ecrã permite a calibração da altura e da célula de carga (Figura 4-11).



I- Ajuste do ganho dos valores da célula.

- 2-Atenuação dos valores da célula de carga.
- 3.Acerto do início de curso
- 4-Altera para o ecrã posição
- 5-Altera para o ecrã impacto

Figura 4-11 Ecrã calibração.

Na medições a realizar o nível de precisão pode ser maior ou menor dependendo dos objectivos que se pretendem em cada medição.

Este ecrã permite um ajuste dos valores da célula de carga, mas de modo a minimizar os erros, os valores do amplificador devem ter uma boa precisão.

Outro dos factores importantes a medir na máquina de impacto, é a altura em que se encontra o peso. Este elemento deve ser preciso tanto quanto possível uma vez que servirá para o cálculo da velocidade de impacto. Na calibração da altura na máquina (Anexo II) utilizou-se uma fita métrica para medição dos valores reais comparativamente aos amostrados na consola. A figura (4-12) mostra o exemplo do código implementado no bloco de funções utilizado na calibração para 53 cm.

Calibração de	e altura					(* Exemplo de calibração para 53 cm*)
			Calibração	_altura	1	m muttiplicador := UINT_TO_REAL (muttiplicador);
			FunctionE	Block1		m_divisor := UINT_TO_REAL(divisor);
	t: 0.02		(BOOL) EN	(BOOL) ENO	<u>-</u>	m_posicao := UINT_TO_REAL (entrada_analogica2-reset)*m_multiplicador/m_divisor;
		D20 Altura Actual	(UINT) entrada_analo gica2	(REAL) posicao	D40 - Altura Calibr	posicao := m_posicao; if entrada_analogica2 > 53 then
		8210	(UINT) multiplicador	(UINT) int_posicao	D55 - Posição inteita	m_posicao := UINT_TO_REAL (entrada_analogica2-reset)*m_multiplicador/m_divisor -0,8235294118
		8255	(UINT) Divisor		s	eise posicao := m_posicao; end. it;
		D166 Offset altura	(UINT) -reset		а .	int_posicao := real_to_uint (m_posicao); posicao := m_posicao;

Figura 4-12 Exemplo da calibração da altura para 53 cm.

Além da calibração da altura é necessário ajustar o seu valor inicial através do "Offset da altura" para determinação do ponto a referência da altura de impacto.

Ecrã de posição

O Ecrã de posição está relacionado com a posição do impactor associado ao peso metálico, mais concretamente com as movimentações do motor (Figura 4-13).



Figura 4-13 Ecrã posição.

- ▶ 1-Anular a altura pretendida.
- > 2- Permite introduzir a altura pretendida.
- ➢ 3-Altera para o ecrã calibrar.
- ➤ 4-Descer motor.
- ➤ 5-Sobe motor.
- ➢ 6-Leitura da altura actual.
- ➢ 7-Altera para o ecrã impacto.
- ➢ 8-Altera para o ecrã leitura.

A altura pretendida é introduzida em centímetros e convertida para o formato de valores reais, de modo a que não existam erros entre a altura pretendida e a altura actual (Figura 4-14).

I			*	*	*	*
	Ajuste da Calibração do sistema i	ndicador de posi	ção			
		Altura_o	desejada	* 1	*	+
		Functio	nBlock2			
	ATRASO	(BOOL) EN	(BOOL) ENO	-	*	+
	D10 Altura Preten	(UINT) altura_pretend ida	(UINT) altura_desejad a	* D50 - Altura_prete	*	*
	&255	(UINT) multiplicador2	+	÷	*	+
	&210	(UINT) divisor2	*	÷	*	*

Figura 4-14 Ajuste da altura pretendida para formato real.

Ao introduzir-se a altura pretendida se o sistema verificar as condições de inicialização da primeira etapa do *grafcet* o programa executa-a e o motor é ligado elevando o peso metálico até à altura pretendida (Figura 4-15)



Figura 4-15 Opção de subida manual do peso.

A elevação do peso também pode ser desencadeada quando no ecrã for escolhido o botão "Subir". Esta opção é utilizada para permitir ajustes que possam surgir ou então para substituição do peso.

A implementação do processo de descida está associada a este ecrã. Deste modo quando são verificadas as condições de implementação da figura (4-16) o motor inicia o processo de descida que corresponde à oitava etapa do *grafcet*.

Desce Motor			*:		•	F	
	I: 0.08	l: 0.07 Detecta Peça	l: 0.05	Q: 101.04	l: 0.02	Q: 100.05	Desce Motor
	Q: 101.05		-				
	100.15	C0030					

Figura 4-16 Implementação Ladder do processo de descida.

O processo de descida também pode ser iniciado manualmente ao premir-se a tecla "Descer", esta opção é utilizada para substituição do peso metálico ou para ajustar o valor da posição inicial.

Esta implementação utiliza uma terceira opção que permite a correcção de um erro mecânico existente na *Rosand*, desta forma o sistema conta até 1 sempre que o peso não é detectado e de seguida é inicializado um timer que faz uma contagem de tempo até à activação do sensor *On-Off* de segurança.

Ecrã Impacto

O ecrã de impacto é considerado de transição para inicialização do processo de impacto (Figura 4-17).

Abre Garr	ra Reco	The Peso
<mark>3</mark> Op⊊ão Pneumática	⁴ 2 Bloco	Activar
6 Calibração	7 Posição	8 Leitura

Figura 4-17Ecrã impacto.

- ▶ 1-Abre garras.
- ➢ 2- Recolhe peso manualmente.
- 3-Activa opção pneumática
- ➤ 4-Activa 2º bloco.
- ➢ 5-Activa 1 bloco pneumático.
- ➢ 6-Altera para o ecrã calibração.
- ➢ 7-Altera para o ecrã posição.
- ➢ 8-Altera para o ecrã leitura.

Ao escolher-se o bloco pneumático é necessário seleccionar-se o tipo de bloco a utilizar em cada ensaio. O primeiro bloco corresponde à terceira etapa do *grafcet* e o segundo bloco corresponde à quarta etapa do *grafcet* (Figura 4-18).

	100.15 Tempo extra d	I: 0.05	100.13 Consola Activ	101.13	l: 0.02	Q: 100.02	- Activar	
ATRASO	100.12							*
Activar 2 Blo	co Pneumático							
	100.13		100.15	100.12	101.13	1: 0.02	Q: 100.03	H Activar 2 Block

Figura 4-18 Implementação do primeiro e segundo blocos pneumáticos.

O botão "Abre Garra" ao ser pressionado abre as garras de protecção para que o peso metálico possa entrar em contacto com o material de prova (Figura 4-19). Esta acção corresponde à etapa 5 do *grafcet*.

Abre Garras						
ATRASO	Q: 101.07	l: 0.05	1: 0.02	ň.	Q: 100.07	
	Consola Abre	Portas Frontais	Paragem emer		\sim	Abre Garras

Figura 4-19 Implementação da função abre garras.

Depois da abertura das garras de protecção e da escolha do bloco pneumático convém verificar se o material de prova está fixo pelo braço de fixação na parte inferior da máquina, que é accionado manualmente pelo botão mecânico situado na parte lateral das portas frontais. Este método de activação foi mantido, porque proporciona uma melhor percepção do posicionamento do material de prova pelo utilizador.

Por último, a tecla 2 deste ecrã permite a recolha do peso manualmente, quando não for recolhido automaticamente na ocorrência de alguma falha mecânica (Figura 4-20).

			* · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	-	*		y
Recolhe Peso							
	Q: 100.06	I: 0.08	I: 0.05	l: 0.02		Q: 100.00	Recolhe Peso
	100.10		J		* 		

Figura 4-20 Implementação da recolha do peso.

Ecrã leitura

Neste ecrã observam-se os valores lidos pela célula de carga, e através da medição do tempo de queda do peso calcula-se a velocidade a partir da altura amostrada (Figura 4-21).



Figura 4-21 Ecrã leitura.

- ➢ 1-Altera para o ecrã gráfico.
- 2- Activa memorização de valor de pico.
- 3-Larga peso metálico
- ➢ 4-Leitura do valor de pico da força.
- ➢ 5-Leitura da velocidade de impacto.
- ➢ 6-Activa leitura.
- ➢ 7-Altera para o ecrã posição.
- ➢ 8-Altera para o ecrã impacto.

O botão "Pico Off" é utilizado para controlar a função do acondicionamento de sinal que permite guardar o maior valor lido, a sua utilização corresponde à etapa 6 do *grafcet* (Figura 4.22).

Opção de memo	rização do valor de pico				
	100.14		Q: 101.01	Memorizar Valor de Pico	
het i	Consola Selec		Ŷ		

Capitulo 4 – Desenvolvimento do *software* **2009**

Figura 4-22 Implementação do valor de pico.

Atendendo a todas as condições de segurança e verificadas todas as etapas, este é o momento fulcral de todo o trabalho elaborado, pela importância da aproximação das leituras obtidas comparativamente aos valores teóricos e pela observação dos danos nos materiais de prova no final do impacto.

Ao seleccionar-se o botão "Largar"o sistema liberta o peso metálico e são iniciadas as leituras. A implementação em *Ladder* da libertação do peso corresponde à etapa 6 do *grafcet* (Figura 4-23).

Larga Peso		1					<i>v</i>
ATRASO	Q: 100.00	Q: 101.06	1: 0.05	Q: 100.07	1: 0.02	Q: 100.06	
	Recolhe Peso	Consola Larga	Portas Frontais	Abre Garras	Paragem emer		Larga Pesu

Figura 4-23 Implementação da libertação do peso metálico.

No momento da libertação do peso metálico dá-se inicio à leitura dos valores da célula de carga e nesse momento canal 1 do amplificador fica habilitado para esse efeito (Figura 4-24).

	C0060	I: 0.07			Q: 101.00	Controlo de medição do am	plificado
	100.11					n A	*
ctivação do (Canal 1 do amplifica	ador para leitura dos va	lores da célula de c	arga		ι <u>,</u>	
	* *			*	Q: 101.02	Activa Range Canal 1	

Figura 4-24 Implementação do controlo de leituras do amplificador.

As leituras podem ser realizadas independentemente do processo, com a escolha do botão "Ler". Esta opção é vantajosa para realizar a calibração da célula de carga. A implementação do controlo de leitura corresponde à etapa 7 do *grafcet*.

Ainda neste ecrã é apresentado o valor da velocidade de impacto determinada a partir do tempo da libertação do peso metálico até ao momento de impacto e da altura em que foi libertado. A contagem do tempo utilizado para o cálculo da velocidade é implementada no primeiro bloco de funções da figura (4.25) e o cálculo da velocidade é implementado no segundo bloco de funções.

			10	Tempo_Ve	elocidade			
				Function	Block4			
ATRASO	l: 0.07	I: 0.04	£	(BOOL) EN	(BOOL) ENO	- -		
		ð.	D80 Valor do Timer	_(UINT) _tempo	(REAL) tempo_real	D92 - Tempo da lib	*1	
		x 3	8409	(UINT) _diferenca	2	5. E	1	
	9	8	8255	(UINT) -milisegundos		e	<i>1</i> 0	
	24	8	&1	(UINT)	6	e	10	
				Indupica				
iculo da ve	locidade							
lculo da ve	locidade			Calculo_Vi	elocidade Block5		90.	
Iculo da ve MTRASO	locidade I: 0.07 Detecta Peça	I: 0.04		Calculo_Vi Function (BOOL)	elocidade Block5 (BOOL) ENO		с. К	
Iculo da ve ATRASO	locidade I: 0.07 U Detecta Peça	t: 0.04	D92 Tempo da lib	Calculo_Vi Functior (BOOL) -EN (REAL) -tempo	elocidade Block5 (BOOL) ENO Velocidade	D125 - Velocidade d	n R R	
Iculo da ve ATRASO	locidade I: 0.07 I/ Detecta Peça	t: 0.04 H Inicio de Curso	D92 Tempo da lib D40 Altura Calibr	Calculo_Vi Function (BOOL) EN (REAL) -tempo (REAL) -attura	elocidade Block5 (BOOL) ENO (REAL) velocidade	D126 Velocidade d	2	
Iculo da ve \TRASO ⊣ ├──	locidade 1: 0.07 1/ Detecta Peça	t: 0.04 H Inicio de Curso	D92 Tempo da lib D40 Altura Calibr &100	Calculo_Vi Function (BOOL) EN (REAL) -tempo (REAL) -attura (UINT) -conversao	elocidade Block5 (BOOL) ENO (REAL) velocidade	D126 - Velocidade d	2	

Figura 4-25 Implementação do bloco de funções tempo e velocidade.

A visualização gráfica da velocidade está disponível no sistema mas é prescindível uma vez que para efeitos de resultados só importa o valor da velocidade no momento de impacto que é apresentada no ecrã "Leitura".

Os valores da célula de carga são apresentados neste ecrã mas para uma melhor percepção dos resultados é aconselhável a sua visualização gráfica.

Ecrã gráfico

Como foi descrito anteriormente este ecrã serve para verificar a visualização dos valores da célula de carga (Figura 4-26).



Figura 4-26 Ecrã gráfico.

- 1- Inicializa leitura. 2- Para leitura
- ➢ 3- Apaga gráfico 4-Pausa na leitura.
- ➢ 5-Grava valores em ficheiro Excel.
- ➢ 6-Abre ficheiro Excel de dados.
- ➢ 7-Altera para o ecrã escala.
- ➢ 8-Altera para o ecrã velocidade.
- ➢ 9-Altera para o ecrã Leitura.10-Larga P.
- ➢ 11 e 12 Teclas para centrar gráfico

O bloco de funções da figura (4-27) implementa a conversão dos valores lidos na

célula de carga.

	Leitura_C	elula			[
	FunctionB	lock3			
	(BOOL)	(BOOL) ENO	-		
D120 Endereço do	(UINT) - entrada_analo gica3	(REAL) Forca	D124 Força lida no		
D160 Multiplicador	(UINT) -multiplicador3				
D162 Divisor	(UINT) divisor3				

Figura 4-27 Implementação da conversão dos valores da célula de carga.

Ecrã Escala

O ecrã escala permite ajustar o gráfico de forma que os valores observados sejam analisados com maior precisão (Figura 4-28).



Figura 4-28 Ecrã escala.

- > 1- Ajuste limite superior em amplitude.
- ➢ 2-Ajuste da escala limite inferior.
- 3.Ajuste da escala do tempo
- ➢ 4-Altera para o ecrã gráfico.

4.6 Conclusões

Neste capítulo fez-se uma descrição de todo o trabalho efectuado a nível de *Software*. O grafcet da máquina foi apresentado de modo simplificado, facultando uma melhor percepção do seu funcionamento. O pacote de software *CX-ONE* contém o CX-Program e o CX-Designer responsáveis pela programação do autómato e da consola respectivamente, foi muito intuitivo o que facilitou todo o processo de programação e configuração dos sistemas. Além disso o *CX-ONE* ainda permite realizar simulações entre o *CX-Program* e o *CX-Designer* como se o autómato e a consola estivessem ligados fisicamente. As calibrações efectuadas foram feitas cuidadosamente respeitando o que foi pedido porém existem sempre pequenos ajustes que poderão ser feitos.

Os blocos de funções simplificam a estrutura do programa, reduzindo consideravelmente as linhas de comandos, minimizando o tamanho do programa.

A máquina está a funcionar correctamente e o seu modo de funcionamento teve em conta as normas de segurança e as sugestões do responsável dos laboratórios.

Uma vez que em cada teste é necessário introduzir o material de prova e executar a sua fixação, o processo de libertação do peso em queda livre é uma acção que o operador terá realizar premindo a respectiva tecla, depois de verificada a fixação correcta do material de prova.

4.7 Bibliografia

[13] CX-Designer, consultado em Junho de 2009 em

< http://industrial.omron.pt/pt/products/catalogue/software/cx_designer.html>

[14] *CP1L CPU UNIT, Operation Manual, Omron, Revised June 2007*, consultado em Dezembro de 2008

Capítulo5

Conclusões e trabalho futuro

5.1 Conclusões

Na realização do projecto salienta-se a divisão do trabalho em várias fases de forma a facilitar a sua implementação.

No estudo inicial do funcionamento da máquina foram verificadas várias anomalias:

- Os circuitos de comando e potência do motor de corrente contínua não funcionavam.
- O sistema de parametrização apresentava várias falhas ao serem pressionados botões de comando a máquina não respondia convenientemente.
- O monitor de visualização gráfica apresentava falhas na visualização.
- O sistema de pneumático não funcionava devido a falhas de controlo.
- Os sensores encontravam-se em boas condições à excepção do sensor óptico.
- O potenciómetro que permitia a diferença de tensão referente à posição do peso funcionava mas os valores apresentados não correspondiam à posição real.
- O sistema de aquisição e amplificação de sinal da célula de carga não funcionava.
- Os conectores encontravam-se em boas condições mas algumas ligações estavam desconectadas
- Os sistemas mecânicos encontravam-se em perfeitas condições apesar de serem necessários alguns ajustes.
- A célula de carga estava em perfeitas condições.

Assim depois do estudo de viabilidade para a automatização da máquina, procedeu-se à aquisição do material respeitando a todos os critérios relevantes, avaliando-se sempre as funcionalidades de cada equipamento tendo sempre em conta a relação qualidade/preço e as alterações mecânicas a realizar. Esta etapa foi importante uma vez que era necessária uma sincronização dos novos equipamentos com os

anteriores, para que todo o projecto fosse realizado com máximo rigor respeitando a especificidade da máquina e dos testes a realizar.

Tendo em consideração os aspectos atrás descritos todos os dispositivos danificados foram substituídos por novos equipamentos que proporcionassem o funcionamento correcto de todo o sistema:

- Foi utilizado um motor de indução trifásico e um conversor de frequência em substituição do motor CC e dos seus circuitos de comando e de potência.
- Foi substituído o sistema de aquisição e amplificação de sinal da célula de carga por um sistema de aquisição utilizado em meios industriais.
- O sistema de controlo foi substituído por um autómato.
- O sistema de parametrização e monitorização foi substituído por uma consola táctil.
- O sensor óptico foi substituído por outro de fabrico recente.
- Os conectores e todas as ligações defeituosas foram rectificados.
- As ligações do potenciómetro foram modificadas.
- O sistema pneumático foi mantido depois de verificado o seu funcionamento.
- Foram efectuados alguns ajustes de software para suprimir alguns defeitos mecânicos que persistiam, permitindo o funcionamento correcto de todo o sistema.

As substituições operadas para além do funcionamento correcto da máquina proporcionaram algumas vantagens no sistema entre as quais:

- O motor de indução e o conversor de frequência permitem um controlo mais fácil da *Rosand*.
- O sistema de parametrização e monitorização foi simplificado permitindo mais funcionalidades no mesmo equipamento.
- A visualização dos gráficos pode ser ajustada.
- O sistema de aquisição de dados adquirido por ser um equipamento de elevada robustez em meios industriais, garante leituras mais precisas.
- O potenciómetro utilizado para medição da altura foi mantido, evitando-se gastos na aquisição de um *encoder* e no seu acoplamento mecânico ao sistema.

- O autómato adquirido ofereceu facilidade no controlo, velocidade de resposta e minimiza o tempo gasto na rectificação de anomalias.
- O sensor óptico permitiu leituras temporais mais precisas.
- Os novos equipamentos utilizados permitem uma percepção fácil do funcionamento dos dispositivos eléctricos a controlar o que é vantajoso para detecção de anomalias.
- Todo o sistema é facilmente configurado centrando-se as atenções na consola táctil e no autómato.
- Os resultados dos ensaios dos testes realizados, podem ser gravados em formato Excel, permitindo uma consulta fácil, na eventualidade de confirmação de alguma leitura

As calibrações no sistema foram realizadas atendendo às normas existentes para cada tipo de dispositivo, mas respeitando sempre as sugestões dadas pelos responsáveis do laboratório do Departamento de Polímeros. Os valores da altura pretendida e da altura actual podem apresentar valores diferentes, isso acontece devido a arredondamentos e essa discrepância é sempre inferior a 1 centímetro.

O *CX-ONE* facilitou o processo de programação de todo o sistema de controlo uma vez que possibilita a simulação de todos os processos.

Na sua globalidade o projecto correu como esperado, e todas as etapas foram concluídas com maior ou menor dificuldade. Inicialmente existia a percepção que o trabalho seria mais simples e pensou-se na possibilidade de fazer um estudo comparativo de vários tipos de programação na execução deste projecto. Com o decorrer do tempo, algumas etapas tornaram-se complexas absorvendo por isso demasiado tempo o que impossibilitou esse estudo comparativo. Assim o sistema adoptado foi escolhido por implicar poucas modificações externas e internas na máquina, também pela sua facilidade de manuseamento, que possibilita ao operador da máquina, uma utilização intuitiva.

A realização desta tese possibilitou a aplicação de conceitos teóricos adquiridos ao longo do curso num projecto real assim como a familiarização com novos equipamentos.

Conclui-se que a automação é uma alternativa de futuro uma vez que se vive numa época de contenção, pois possibilita um aumento da produtividade, com melhor qualidade sem que sejam efectuados grandes investimentos.

5.2 Trabalho futuro

Uma opção interessante seria a instalação de um sistema de imagem para visualização da deformação nos materiais na fase posterior ao impacto, o que proporcionaria uma análise completa dos testes.

Como perspectiva futura de trabalho poder-se-ia englobar no sistema automatizado o controlo da estufa que a máquina possui de modo a simplificar toda a estrutura da máquina. O sistema de temperatura não foi englobado por opção dos responsáveis uma vez que implicaria gastos na sua remodelação e o seu factor de utilização neste tipo de testes é mínimo.

Em qualquer projecto há sempre aspectos que podem ser aperfeiçoados. Por exemplo a nível de software, o *CX-Designer* é constantemente actualizado o que permitem melhorar o aspecto da monitorização e visualização dos resultados na consola.

Anexos **2009**

Anexos

Anexo I - Programação da consola NS5

Na programação da consola existe um painel com botões que são utilizados para configurar a consola (Figura 6-1).



Figura 6-1 Painel de botões de configuração da consola NS5.

"ON/OFF Button"

O botão "ON/OFF *Button*" serve controlar as saídas digitais do autómato. Depois de dimensionar o seu tamanho na tela é necessário definir a área de memória correspondente que opcionalmente será "*Common I/O Area (CIO)*" ou "*Data Mem*ory(*DM*)" e o endereço de memória em que é necessário definir a *Word* e o *Bit* (Figura6-2).



Figura 6-2 Configuração do endereço da área de memória.

Também é necessário definir que tipo de botão se pretende. Os botões podem ser de toque "*Momentary*", "*Alternative*", "*SET*" e "*RESET*". O "Momentary" enquanto estiver a ser pressionado o seu estado é o mesmo e só altera quando é largado. O "Alternative" sempre que é tocado altera de estado. O *SET* e o *RESET* activam ou desactivam respectivamente quando pressionados (Figura 6-3).



Figura 6-3 Selecção do tipo de acção do botão.

Ainda é possível escolher texto para identificar o botão



Figura 6-4 Opção de texto para botões ON/OFF.

"Command Button"

O "*Command Button*" funciona exactamente como o "*ON/OFF Button*" a única diferença é que se escolhe uma função em vez de um endereço a partir da tecla *PUSH*. Este é utilizado para navegar entre telas, nas propriedades do botão pode-se escolher o "*ecrã*" para o qual se pretende navegar, a partir da lista disponível no "*Ecrã List*" (Figura 6-5)

🏭 CX-Designer - 1 - [0000:Impacto]		e	
C Elle Edit Find View PT Functional Objects Fig	ed Objects Tools Window Help	Command Button - PBC0000	
	8 6 6 8 0 6 8 0 2 2 X 6 6	General Color/Shape Label Frame Flicker Write Password Control F	Flag Macro
	∖⊔⊠७८ Туре0 ▼ё	Object comment	
Standard	• 100 ÷ ■• B / ≡ ≡ ≡ = =	Function Switch Screen	utton Shape
Contents No. 😴 No. of contents 💆	Address for switching contents		Rectangle
Project Workspace • x Steer Category 00001 Impacto 00001 Poicao Screen/Sheet (Common Setting) System /		Specified Screen [0001mpacto Indirect Specified Screen Mp Address C Selection by Pop-up Meru Frepitie3 Backward Secure	
Property List • x			
Command Button : PBC0000	Cate Sch	Sen List	
Item Indire Value Comment Address Image: Comment and the second sec		No. Title P OK 00001 Prosicio 0002 Cancel	>
Style		0004 0 0005 - 0006 - 0007 - 0008 - 0009 - 0009 - 0010 -	
Shape Select Shape Shape 1 DEF_00 BMP Shape 2 DEF_01 BMP		P (Popup Screen)	Aplicar

Figura 6-5 Definição de um "Command Button".

"Label"

A "Label" é utilizada para escrever texto no "*ecrã*", por exemplo para identificação de processos (Figura 6-6).



Figura 6-6 Configuração de uma Label.

"Thumbwheel Switch"

O "*Thumbwheel Switch*" define um valor num endereço de memória para seguidamente ser processado. Primeiro escolhe-se o endereço que se pretende de "Data Memory" depois assinala-se o tipo de formatação a partir do "*Display Format*" e selecciona-se o formato de armazenamento ("*Stotage format*"). A seguir conforme o formato de armazenamento ainda se pode decidir o número de casas para números inteiros ("*Integer*") e de números decimais ("*Decimal*"). Posteriormente e se for o caso define-se o nome das unidades, a escala e offset na tabela "*Unit/scale Setting*". A figura (6-7) descreve a configuração de um "*Thumbwheel Switch*".



Figura 6-7 Descrição da configuração de Thumbwheel Switch.

"Numeral Display Imput"

O "Numeral Display Imput" é idêntico ao "*Thumbwheel Switch*" só que serve para visualizar dados contidos em endereços (Figura 6-8).



Figura 6-8"Numeral Display Imput"

"Data Log Graph"

O "*Data Log Graph*" é o bloco mais complexo uma vez que exige várias configurações. O primeiro passo é desenhar o gráfico com o tamanho que pretendemos (Figura 6-9).



Figura 6-9 "Data Log Graph".

Com o botão direito do rato sobre o gráfico escolhe-se "*Property*" (Figura 6-10) e aparece a janela "Data Log Graph – DLOG000" selecciona-se "*Register Group*", abre a

et Comment value	Axis Background Icon Sciol	Bar Fissee Flicker Control Flag See/Postion	
ction Right	Draw Value 0	utside of the Range	Backgound Cr
Any No. Address Up	Data Log Setting No. Group Name	Log Timing Entri	es Lograints Log Period
Group Name Group - Log Timing C On Sampling Cycle I'l Indexet Flattere Address C On Event (Add Address	1 1.0 - 1.0	Log Period	Devia Log Address Setting
Aa	Butter Trid00 Set6	StarUStop Data Log Control starUstop Data log by the specified address Address Control starUstop offers the address is 011 Log Point 10 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Range 32768-32767 Notange Type 32768-32767 Maximum Indirect Reference 100
No. Address	Storage Type	Maximum Minimum Fast	Minimum Sector

janela "Data Log Setting", seguidamente escolhe-se "Add", entra-se em "Data Log Group Setting".

Figura 6-10 Ordem de selecção do Data Log Graph.

Neste quadro define-se o tempo pretendido por ciclo e o número de pontos por ciclo de seguida carrega-se em "*Add3*" e aparece o "*Data Log Adress Setting*" onde se define o endereço da memória de dados e o tipo de formato do número. Neste quadro também se pode alterar o valore máximo e o mínimo, conforme o formato do número escolhido. A escala dos gráficos pode ser ajustada para melhor visualização dos valores do gráfico no "*Data Log Adress Setting*" através de referência indirecta. De seguida escolhe-se sempre a opção "OK" até aparecer a janela "*Data Log Graph – DLOG000*". Nesta janela pode-se escolher o nome do ficheiro para armazenamento de dados no cartão de memória "*Compactflash*".

Posiciona-se o rato na linha da figura (6-11) e pressionamos 2 vezes no botão esquerdo aparecendo a janela "*Display Parameter Setting*", onde se define a linha dos valores lidos como contínua ou por degraus em "*Step Display*", decide-se a cor da linha e o tipo de linha a amostrar em "*Marker*". Para finalizar confirma-se em "OK" e "Aplicar".



Figura 6-11 Definição dos parâmetros no Data Log Graph.

Como foi dito anteriormente o a partir do "Data Log Graph" é possível armazenar os dados obtidos nas leituras num ficheiro *EXCEL*. A Figura (6-12) mostra o botão que permite guardar dados.



Figura 6-12 Botão que permite guardar dados a partir do "Data Log Graph".

Como se pode verificar no painel de botões da figura (4-12), existem outros botões que não foram descritos. Entre os quais destacam-se as lâmpadas que são utilizadas como sinalizadores de estado ou alarme.

Anexo II - Tabela de calibração de altura

Num.	Valor Amostrado	Valor medido	Acerto	Num.	Valor Amostrado	Valor medido	Acerto
1	3	3	0	37	85	110	25
2	6	6	0	38	87	113	26
3	9	9	0	39	87	116	29
4	12	12	0	40	87	119	32
5	15	15	0	41	88	122	34
6	18	18	0	42	89	125	36
7	21	21	0	43	89	128	39
8	24	24	0	44	89	131	40
9	27	27	0	45	92	134	42
10	30	30	0	46	92	137	45
11	33	33	0	47	93	140	47
12	36	36	0	48	93	143	50
13	39	39	0	49	93	146	53
14	42	42	0	50	92	149	57
15	45	45	0	51	93	152	59
16	48	48	0	52	94	155	61
17	51	51	0	53	93	158	65
18	54	53	-1	53	94	161	67
19	58	56	-2	55	94	164	70
20	56	59	3	56	94	167	73
21	58	62	4	57	94	170	75
22	60	65	5	58	96	173	77
23	62	68	6	59	97	176	79
24	64	71	7	60	98	179	81
25	66	74	8	61	100	182	82
26	68	77	9	62	102	185	83
27	70	80	10	63	104	188	84
28	72	83	11	64	106	191	85
29	74	86	12	65	108	194	86
30	76	89	13	66	110	197	87
31	77	92	15	67	112	200	88
32	79	95	16	68	114	203	89
33	79	98	19	69	115	206	91
34	81	101	20	70	117	209	92
35	82	104	22	71	119	212	93
36	83	107	24	72	121	215	94

Tabela 6-1 Calibração da altura

Anexo III - Tabela de ligações dos conectores

N.Pino	Ligação	Designação	N.Fio		
Α	0.00	IN 0.00 PLC	5		
В	0V	OV PLC	4		
С	24V	24V PLC	6		
D	101.00	Mesure Control(laranja)	21	101.00	8
E	101.01	Peak (Verde)	31	101.01	6
F	(+)	Leitura Celula Carga	41	branco-verde	3
G	0V	FIO 7	7		
Н	24 V	24V alimentação Amplif.	71	Azul	11
J	100.02	J->Botão ACTIVATE	1		
К		Massa comum	0		
L		Terra			
M	100.03	2 Strike Block	2		
N	101.00	PLC(100.04_101.00	3		
Ρ	ov		.00		
Q					
R	12 V	12 Volts	76		
S		24V PLC			
Т	0V	Massa Al. Amplificador	61		
U		Não está Ligado			
V	(com V1 cart2)	Com IN Celula Carga	51	braco-azul	10
W		common Control	98	branco-laran	7
X	0.01	IN (0.01) PLC	27		
Y	101.02	Range CH1 (branco-cast)	91	101.02	15
Z			81	Castanho	9
.a	24 V	24V PLC	2		
.b	101.01	PLC(100.06_101.01	15		
.c	24 V	24 Volts	6		
.d	12 V	Fio Branco comum	86		
.e	24 V	24V PLC	13		
.f		Massa de Posição	12		
·g	Vcom	Carta PLC	17		
.h	Vin+	Carta PLC (W)	10		
.i					
.j	0.02	IN(0.02) PLC	30		
.k	0.03	IN(0.03) PLC	3		
115			1.1.1.1		

Tabela 6-2 Tabela de ligações do conector do quadro eléctrico.

	Fichas Interna		1	Fichas Externas		Quadro Ligações		
Pino	Designação do fio	N.Fio	Pino	Designação do fio	N.Fio	Pino	Designação do fio	N.Fio
Α	Massa Garras		Р	massa interna		0V		.00
В	24V Garras		N			101.00	PLC(100.04_101.00	33
С	24V Largar Peça		.b			101.04	PLC(100.06_101.04	15
D	OV Peça		Р	massa interna		ov		.00
E	OV Motor Passo		Р	massa interna		0V		.00
F	12V Motor Passo		.d	12 Volts			12 V comum MP	86
G	24V Sensor Porta		S			OVPLC	alim sensor porta	44
н	Saida Posição +		.h			Vin+	Carta PLC (W)	10
J	Saida Posição -		.g			Vcom	Carta PLC	17
K	0V Alarme		G			0V	FIO 7	7
L			6	Serie Reles Infer	I	101	12 V Ref	12V
М	4,5,6 D_E_Vist Frt		4,5	Serie Reles Infer				
N	IN Portas Frontais		х			0.01	IN (0.01) PLC	27
Ρ	IN Sensor Seguro		.m			0.04	IN (0.04) PLC	18
R	24 V PLC		.e	Sensores Seg.			24V PLC	13
S	IN Fim de Curso		.j			0.02	IN(0.02) PLC	30
Т	IN Sensor Peça		.k			0.03	IN(0.03) PLC	29
U	4,5,6 D_E_Vist Frt		4,5	Serie Reles Infer			Não esta ligado	
V			1, 3	Serie Reles Infer				
W	Reset		J	J e ao .c		101.04	J-> ACTIVATE	99
Х			1,3	Serie Reles Infer				
Y			.c			24V	24 VOLTS	6
Ζ			.c_1					
.a	24V Fim Curso		.a				Alimt fim curso	2
.b	0V Tensão Posição		.f			0V		12
.c	Massa Cb Posição		Т					
.d	12V Alarme		.d	12 Volts		12	Fio Braco comum	86
.e	12V Posição		R				12 Volts	76
Pino	Designação do fio	N.Fio	1					
1	IN sensor óptico	5	Α	IN sensor óptico		0.00	IN 0.00 PLC	5
2	24V Sensor Óptico	6	С	24V Sensor Óptico		24V	24V PLC	6
3								
4	0V Sensor Óptico	4	В	Ref Sensor Óptico		OV	OV PLC	4
5			L	Terra			Terra	
6			М	Fio Violeta Fino		(2 Strike Block	2

Tabela 6-3 Tabela de ligações do conector interno e externo.