

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Carlos Alberto dos Santos**

**AUTOMATIZAÇÃO DE “SET-UP” EM OPERAÇÕES  
COM CONTROLADORES DE TORQUE**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Automação Industrial e Robótica.

Orientador: Prof. Luiz Octávio Mattos dos Reis

**Taubaté – SP**  
**2006**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

## **AUTOMATIZAÇÃO DE “SET UP” EM OPERAÇÕES COM CONTROLADORES DE TORQUE**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia da Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Automação Industrial e Robótica.

Data: 02 de Dezembro de 2006

Resultado: Aprovado

### **BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Universidade \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_ Universidade \_\_\_\_\_

Assinatura \_\_\_\_\_

Dedico este trabalho a (ao)

Minha família pelo apoio e incentivo para alcançar este objetivo.

Minha esposa Silvia Aparecida Helfstein

Minha filha Estela Helfstein Santos

Meu Amigo Eduardo Pinto

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Luiz Octávio Mattos dos Reis, pela habilidade com que orientou meu trabalho.

À empresa Visteon Sistemas Automotivos Ltda, pela bolsa de estudos a mim concedida para a realização deste trabalho de pesquisa.

À empresa Atlas Copco, por fornecer literatura sobre o assunto abordado.

A minha esposa Silvia Aparecida Helfstein, por realizar a revisão ortográfica da dissertação.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Alessandro Beraldi e Rogério Sabonara pela significativa contribuição técnica dada à elaboração deste trabalho.

Ao meu amigo e ex-chefe Fernando Rocha por ter conseguido justificar a necessidade deste curso perante a Visteon.

## Resumo

Este trabalho de pesquisa apresenta o desenvolvimento de uma metodologia para automatizar o “set-up” de controladores de torque em parafusadeiras eletrônicas utilizadas em uma linha de manufatura voltada ao ramo automotivo. Pretende-se que, de uma forma rápida e sem erros, os parâmetros sejam inseridos no processo.

O ponto de partida é uma linha de montagem de um determinado produto que tem o “set-up” feito manualmente através de um teclado de membrana localizado na parte frontal do painel de controle da parafusadeira eletrônica. Utilizando o procedimento manual existe a possibilidade de se introduzir alguns dos parâmetros erroneamente. Assim em face do grande potencial de ocorrência de erros na digitação dos valores dos parâmetros, a qualidade do produto ficará comprometida.

Nestes tipos de processos, onde a programação prévia da produção deve ser realizada, a necessidade de mão-de-obra especializada é fundamental, pois a programação é realizada através de um painel elétrico energizado tendo-se ainda que observar aspectos como: segurança, número de parâmetros elevado, seleção adequada dos parâmetros para cada processo, entre outros. Estes fatores demandam um tempo elevado na preparação da linha de montagem, aproximadamente 50 minutos, para a realização completa de cada processo associado a um determinado produto.

A metodologia consiste em atribuir um número a cada processo o qual permite o acesso à uma das posições de memória no painel da parafusadeira que por sua vez contém todos os parâmetros de processo referentes a este produto. Como interface homem-máquina foi utilizada uma chave seletora, onde o operador faz a escolha do produto desejado e o confirma apertando apenas um botão. Para se evitar que o operador cometa erro na seleção do número, existem, ainda na primeira operação, dois leitores de códigos de barras que fazem a verificação de dois dos principais componentes que são peculiares a este produto, efetuando a checagem da seleção efetuada pelo operador. Após a sua automatização reduziu-se o tempo de “set-up” para apenas 5 segundos, eliminou-se a necessidade de mão de obra especializada, técnicos de manutenção e também de riscos de choques elétricos.

Palavras-chaves: Torque, “Set-up”, Parafusadeira eletrônica e Código de barras.

## **Abstract**

This research develops a methodology to automate the set-up of torque controller at an automotive manufacturing assembly line. It intends to insert, quickly and without error, the parameters in the process.

It was selected one specific product assembly line, which has the setup made manually through a membrane keyboard located at the front of screwdriver controller panel. By using this manual process it is possible that parameters may be improperly introduced. Due to the high potential of mistakes occurred while the parameters are being manually typed, the quality of the product can be compromised.

In this kind of process, where a previous production set-up must be effected, it is necessary to have an electronic technician since the setup is effected through the powered electric panel and aspects like safety, high number of parameters, an adequate selection for each process and others should be observed. Moreover, it is time consuming to prepare the assembly line that is associated to a determined product. This work takes around 50 (fifty) minutes to complete each process.

The methodology consists in attribute one number to each product and this number access one of the screwdriver controller memories which, by its term, contains all the set-up parameters. As a human machine interface a select key was used, where the operator can choose the product and confirm it by pressing a button. To avoid any mistake by the operator during the number selection, there are on the first operation, two barcode readers that check two of the main components that are peculiar to each product and also check the selection made by the operator. After the automatism, the setup time was reduced to only 5 seconds, eliminating the needs of electronic and maintenance technicians and also the electric risks (shocks).

**Key-words:** Torque, Set-up, electronic screwdriver and barcode.

## SUMÁRIO

Introdução .....	14
Capítulo 1 - Revisão da literatura .....	16
Capítulo 2 - Conceitos gerais	
2.1- Conceitos e definições sobre tecnologia do aperto .....	17
2.1.1 - Força de união ou força inicial de montagem .....	17
2.1.2 - Tipos de rosca, parafusos e porcas .....	20
2.1.2.1 - Tipos de roscas.....	20
2.1.2.2 - Parafusos.....	20
2.1.2.3 - Porcas.....	23
2.1.3 - Parâmetros básicos de controle de aperto.....	23
2.1.3.1 - Torque.....	23
2.1.3.2 - Torque e ângulo.....	24
2.2 - Conceitos e definições de controladores de torque e ângulo.....	27
2.2.1- Sensor de torque a “strain gage” .....	28
2.2.2 - Transdutor de torque .....	30
2.2.3 - “Threshold” .....	30
2.2.4 - “Downshift”.....	30
2.2.5 - Efeito “hall” .....	31
2.2.6 - Transdutor de ângulo .....	33
2.3 - Código de barras.....	35
2.3.1 - Conceitos básicos.....	35
2.3.2 - Como os códigos de barras são lidos.....	37
2.3.3 - Códigos de barras mais utilizados.....	38
2.4 – Controlador lógico programável (CLP).....	40



2.5 - “Poka-yoke” .....	42
Capítulo 3 - Proposição .....	43
Capítulo 4 - Material e método	
4.1 - Material utilizado.....	46
4.2 - Método.....	47
4.2.1 - Divisão dos produtos em grupos.....	47
4.2.2 - Definição e atribuição de caracteres.....	48
4.2.3 - Distribuição dos componentes por produto.....	52
4.2.4 - Matriz.....	53
4.2.5 - Programação do controlador lógico programável.....	54
4.2.6 - Funcionamento do “set-up” na célula .....	56
Capítulo 5 - Resultados e discussão	
5.1 - Tempo de “set-up” .....	58
5.2 - Eficiência da célula .....	58
5.3 - Redução do custo de mão-de-obra .....	60
5.4 - Flexibilidade da célula de manufatura .....	60
5.5 - Qualidade e rastreabilidade do produto .....	60
Capítulo 6 - Conclusão.....	61
Referências Bibliográficas.....	62

## **LISTA DE ACRÔNIMOS**

“ISO” - International Standard Organization

“ABNT” - Associação Brasileira de Normas Técnicas

“DIN” - Deutsche Industrie Normatization

“SI” - Sistema Internacional

“CLP” - Controlador Lógico Programável

“PLC” - Programmable Logic Controller

“CPU” - Central Process Unit

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de painéis de parafusadeiras eletrônicas .....	15
Figura 2.1 - Forças em uma junta parafusada .....	17
Figura 2.2 - Força de união função do coeficiente de atrito .....	19
Figura 2.3 - Característica de proporcionalidade de fixação .....	19
Figura 2.4 - Exemplo de parafuso com classe 8.8. ....	21
Figura 2.5 - Gráfico tensão X alongamento de um parafuso com classe 8.8. ....	22
Figura 2.6 - Definição de torque .....	24
Figura 2.7 - Força de união função do alongamento .....	25
Figura 2.8 - Região plástica e elástica .....	26
Figura 2.9 - Processo de aperto por torque e ângulo .....	27
Figura 2.10 - Composição de um controlador de torque .....	28
Figura 2.11 - Wheatstone Bridge Circuit .....	29
Figura 2.12 - Definição de Strain .....	29
Figura 2.13 - Diagrama simplificado de um transdutor de torque .....	30
Figura 2.14 - Princípio do efeito “hall” .....	31
Figura 2.15 - Linhas de fluxo magnético .....	32
Figura 2.16 - Chave de efeito “Hall” .....	33
Figura 2.17 - Foto da montagem do transdutor de ângulo .....	34
Figura 2.18 - Princípio de funcionamento do efeito “hall” .....	34
Figura 2.19 - Princípio de funcionamento do efeito “hall” .....	34
Figura 2.20 - Diagrama simplificado de um transdutor de ângulo .....	35
Figura 2.21 - Separadores .....	36
Figura 2.22 - Código de barras – sinais de enquadramento .....	36

Figura 2.23 - Dígito verificador .....	36
Figura 2.24 - Código de barras .....	37
Figura 2.25 - Dígitos de 0 a 9 .....	37
Figura 2.26 - Código de barras .....	37
Figura 2.27 - Código de barras tipo 25 intercalado .....	39
Figura 2.28 - Código de barras tipo código 39 .....	39
Figura 2.29 - Código de barras tipo POSTNET .....	39
Figura 2.30 - Representação esquemática e o princípio de funcionamento de um CLP ....	40
Figura 2.31 - O aspecto físico de um CLP .....	41
Figura 3.1 - Diagrama de comunicação .....	44
Figura 4.1 - Modelo de etiqueta de código de barras .....	49
Figura 4.2 - Modelo de etiqueta de código de barras .....	50
Figura 4.3 - Modelo de etiqueta de código de barras .....	50
Figura 4.4 - Comparação do N° do seletor .....	55
Figura 4.5 - Comparação dos caracteres dos Componentes .....	56
Figura 4.6 - Acesso à posição de memória das parafusadeiras .....	56
Figura 4.7 - Botão seletor e botão para confirmação .....	57
Figura 4.8 - Lay out da célula de manufatura .....	57
Figura 5.1 - Gráfico do tempo de “set-up” antes e depois .....	58
Figura 5.2 - Diagrama de pareto .....	59
Figura 5.3 - Gráfico de performance da célula de manufatura .....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Diferentes classes de parafusos (ISO 898/1) .....	22
Tabela 4.1 - Lista de Materiais.....	46
Tabela 4.2 - Produtos e seus respectivos parâmetros .....	47
Tabela 4.3 - Produtos e seus respectivos números binários .....	48
Tabela 4.4 - Caracteres dos Componentes A .....	49
Tabela 4.5 - Caracteres dos Componentes B .....	49
Tabela 4.6 - Caracteres dos Componentes C .....	50
Tabela 4.7 - Conversão de números .....	51
Tabela 4.8 - Distribuição dos componentes por produto .....	52
Tabela 4.9 - Representação dos componentes por caracteres nos produtos .....	53
Tabela 4.10 - Matriz final para programação .....	54

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 2.1 - Força de tração inicial ( $F_i$ ).....	18
Equação 2.2 - Constante elástica.....	18
Equação 2.3 - Força de união ( $F_u$ ).....	18
Equação 2.4 - Definição de torque.....	23
Equação 2.5 - Definição de “Stress” .....	29
Equação 2.6 - Cálculo da voltagem de saída ( $V_0$ ).....	29

## Introdução

Na indústria automotiva, existem produtos que são classificados como delta invertido, ou seja, são produtos que podem oferecer risco ao usuário ou ainda causar problemas ambientais (emissões de poluentes), para este tipo de produto, é necessário se estabelecer rigorosos controles de processo.

Mais de 85% dos “recalls” do ramo automotivo estão relacionados ao torque aplicado em parafusos ou porcas. Ora porque o torque foi excessivo, o que pode causar a ruptura do parafuso, ora porque o torque foi abaixo do especificado, o que pode acarretar a soltura do parafuso/porca.

Este trabalho de pesquisa irá abordar especificamente um método para que se possa automatizar o “set-up” de controladores de torque (parafusadeiras eletrônicas) em uma linha de manufatura voltada ao ramo automotivo, de uma forma rápida e sem erros. Este estudo tem como objetivo uma abordagem e uso de conceitos para aplicação a todas as linhas de manufatura que utilizem estes tipos de equipamentos e que produzam produtos de uma diversidade de famílias.

Considerando-se a linha de montagem para um determinado produto com parâmetros de processo como: torque alvo, torque mínimo, torque máximo, “shutdown”, “threshold”, ângulo de aperto mínimo e ângulo de aperto máximo, e, considerando-se ainda, que o produto terá variações entre os três (3) principais componentes (sub-montagens), totalizando a produção de doze (12) produtos diferentes.

A programação dos diferentes parâmetros de processo para cada um dos modelos de produtos existentes na linha é efetuada manualmente através de um teclado de membrana, localizado na parte frontal do painel controlador da parafusadeira eletrônica. Para evitar que qualquer pessoa possa alterar indevidamente os parâmetros, foi acrescentado um travamento do “hardware”. Esta trava trata-se de um “jumper” eletrônico, que fica localizado na placa mãe do painel controlador. Para remoção deste “jumper”, se faz necessário à abertura do painel. Por se tratar de um painel elétrico energizado, e por isto com risco de choque elétrico (segurança), existe a obrigatoriedade de que a execução do trabalho seja realizada por um técnico habilitado. Somando-se a isso a complexidade de identificação dos parâmetros e a sua perfeita alteração, para evitar-se essas possibilidades de problemas, é efetuada uma segunda verificação, preferencialmente por um outro técnico ou pessoa capacitada ao término do “set-up”. Todo este processo de alteração dos parâmetros demanda um tempo de aproximadamente 50 minutos.



(a)



(b)

Figura 1 – Exemplos de painéis de parafusadeiras eletrônicas: (a) painel Atlas Copco (b) painel GSE

O objetivo deste trabalho é desenvolver a automação total deste processo de “set-up” dos parâmetros, preparando a linha de forma adequada e no menor tempo possível. Em linhas gerais, o processo de automação proposto será baseado na elaboração de um banco de dados contendo todos os parâmetros envolvidos no processo, considerando todos os tipos de parafusadeiras envolvidas. Uma interface será instalada de tal forma que a seleção do processo e dos parâmetros existentes no banco de dados sejam carregados através de uma chave seletora a ser instalada no painel.

Um sistema de verificação será implantado, de tal forma que através do código de barras existente na peça se efetue a checagem da seleção de parâmetros realizada pelo operador. Somente depois de efetuados os dois processos e estando os dois corretamente selecionados, será efetuada a liberação das parafusadeiras para início do processo.

Os resultados esperados após a implantação do processo serão: redução do tempo de “set-up”, utilização de mão-de-obra não tão especializada, aumento da flexibilidade da célula para produção de qualquer modelo do produto a qualquer momento, aumento na produção em função da redução do tempo perdido para o “set-up”, produtos com melhor qualidade e criação de um banco de dados para rastreabilidade, baseado nos códigos de barras dos componentes montados no produto final.



## Capítulo 1 – Revisão da Literatura

Da dissertação de Eduardo Pinto que tem como título: Sistema Inteligente para especificação do aperto ideal em operações de parafusamento (2005), foram extraídos trechos considerados relevantes, que contribuíram para o trabalho, fornecendo conceitos sobre o comportamento e características de parafusos quando submetidos à força de aperto e, baseado neste comportamento, foi desenvolvida a teoria sobre Tecnologia do Aperto.

Dos manuais dos fabricantes das parafusadeiras eletrônicas Atlas Copco e GSE, do livro “An Introduction to Measurements Using Strain Gages” de autoria de Karl Hoffmann (1989), do site [www.honeywell.com/sensing](http://www.honeywell.com/sensing), do manual da Allegro Microsystem Inc (application note 27701 B) e do livro “The Hall Effect and Semi-conductor” de E. H. Putley (1968), foram extraídos conceitos, definições, exemplos, figuras e aplicações que contribuíram para o estudo sobre Controladores de Torque, “strain gages” e sobre sensores de efeito “hall”.

Dos “sites” <http://www.macoratti.net> e <http://pt.wikipedia.org> foram extraídos trabalhos que contribuíram para o estudo dos conceitos sobre Código de barras e Controlador Lógico Programável respectivamente.

Dos sites <http://www.gestluz.pt>, <http://www.tbmcg.com/pt> e <http://www.imam.com.br> foram extraídos definições sobre “Poka yoke”.

## Capítulo 2 – Conceitos gerais

### 2.1 Conceitos e definições sobre Tecnologia do Aperto.

Na proposta de desenvolvimento do anteprojeto do processo de automação da linha, foi necessário buscar-se os conhecimentos prévios que abordam os aspectos mecânicos da teoria do aperto. Para tanto, definições sobre a tecnologia do aperto, parâmetros de controle de aperto e os elementos que compõem parte do sistema de fixação, encontrados na literatura, normas e em manuais de equipamentos dentro da indústria são apresentados abaixo.

#### 2.1.1 Força de União ou Força Inicial de Montagem.

É a força que mantém unidas as partes de uma junta, capaz de anular todas as cargas externas, conforme mostra a Figura 2.1 (Atlas Copco, 2003) (Eduardo Pinto, 2005).

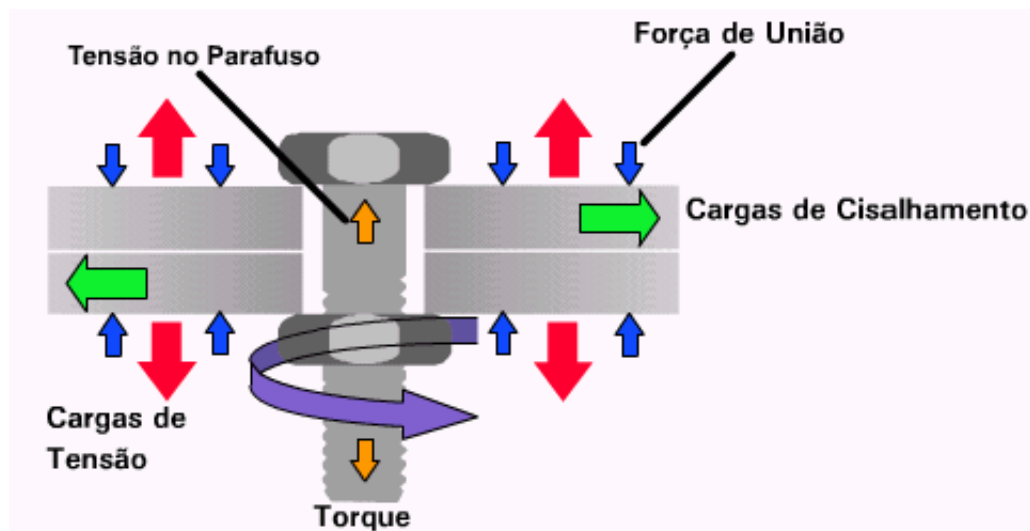


Figura 2.1 – Forças em uma junta parafusada (cortesia Atlas Copco)

Na junção de duas ou mais peças existem diversos fatores que serão considerados para cálculo e dimensionamento correto do sistema de fixação através da utilização de parafusos.

O conceito de Força de tração inicial ( $F_i$ ), de acordo com Máquinas, órgãos de (Rodrigues e Luiz, 1984), (Eduardo Pinto, 2005), é definido através da equação 2.1:

$$F_i = CFe \left( \frac{K_c}{K_p + K_c} \right) \quad (2.1)$$

Onde:

$K_p$  = constante elástica do parafuso;

$K_c$  = constante elástica das partes comprimidas;

$C$  = coeficiente da carga de abertura; varia entre 1,2 e 2;

$F_e$  = carga externa (tração) no parafuso em kgf.

As constantes elásticas do parafuso e das partes comprimidas ( $k$ ) são calculadas conforme equação 2.2:

$$k = \frac{AE}{L} \quad (2.2)$$

Onde:

$A$  = área da seção transversal ( $\text{mm}^2$ )

$E$  = módulo de elasticidade (módulo de Young) do material;

$L$  = comprimento sendo tracionado ou comprimido (mm)

O conceito de Força de união ( $F_u$ ) extraído de conceitos desenvolvidos pela empresa Atlas Copco Tools and Assembly Systems, leva em consideração características específicas em uma junta parafusada, como mostra a equação 2.3:

$$F_u = \frac{M}{0,16P + 0,58\mu Gd^2 + 0,5\mu KDm} \quad (2.3)$$

Onde:

$F_u$  = Força de união (Kgf);

$M$  = Torque Aplicado (Kgf.m);

- P = Passo da rosca (m);
- $\mu_G$  = Coeficiente de atrito da rosca;
- $\mu_K$  = Coeficiente de atrito da cabeça do parafuso;
- d2 = Diâmetro primitivo (m);
- Dm = Diâmetro médio da cabeça do parafuso (m).

Uma variação no atrito entre 0,10 (ligeiramente oleado) e 0,18 (seco), a variação da força de união chega até 100 pontos percentuais, como mostra a Figura 2.2.

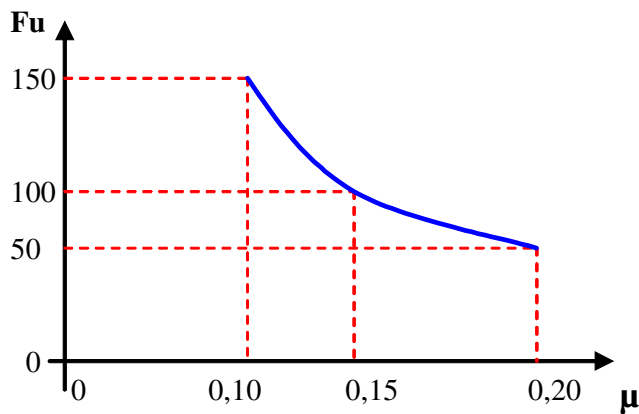


Figura 2.2 – Força de união função do coeficiente de atrito

Na maioria das aplicações em juntas parafusadas, encontra-se a seguinte característica de proporcionalidade para fixações, como mostrado na Figura 2.3:

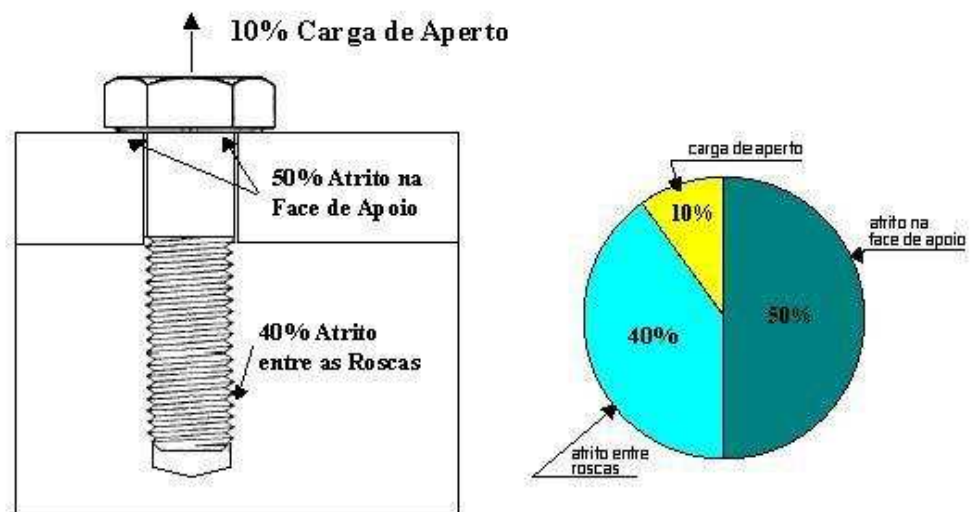


Figura 2.3 – Característica de proporcionalidade de fixação

## **2.1.2 – Tipos de Rosca, Parafusos e Porcas.**

### **2.1.2.1 – Tipos de roscas.**

Rosca é uma saliência de secção constante e variável na semelhança disposta em hélice na superfície interna ou externa de um cilindro ou um cone. (Fonte: Desenho Técnico Mecânico, volume 2: Manfé, Pozza, Scarato) (Eduardo Pinto, 2005).

Os elementos de que é composta uma conexão filetada formam um par helicoidal, isto é, um par parafuso-rosca.

As roscas, bem como os parafusos e porcas seguem uma padronização conforme normas, como exemplo, ISO, ABNT, DIN, entre outras.

Um elemento roscado é definido de maneira completa, considerando as seguintes características:

- Perfil;
- Diâmetro nominal da rosca;
- Passo;
- Forma da superfície (cilíndrica ou cônica);
- Número de entradas;
- Sentido de enrolamento da hélice;
- Comprimento do espaço útil.

### **2.1.2.2 – Parafusos.**

Algumas definições sobre parafusos encontradas na literatura são apresentadas abaixo:

“Parafuso é um eixo cilíndrico parcialmente ou completamente filetado, munido, pelo menos, de uma cabeça em uma extremidade; a forma da cabeça deve permitir a fixação do parafuso e eventualmente constituir um apoio que deve ser rigorosamente perpendicular ao eixo do parafuso propriamente dito”. (Fonte: Desenho Técnico Mecânico, volume 2: Manfé, Pozza, Scarato) (Eduardo Pinto, 2005).

“O parafuso é um mecanismo simples que encontra uma infinidade de usos. Ele não serve apenas para prender peças, mas pode ser usado em configurações que transmitem força e movimento”. (Braga, N.C, 2004) (Eduardo Pinto, 2005).

Os parafusos são encontrados numa gama muito vasta de tipos para os mais variados empregos.

Os parafusos com roscas métricas, que são os mais utilizados na indústria, principalmente a automobilística, seguem uma classe, que definem suas características mecânicas e diretrizes de uso, conforme a norma ISO 898/1.

A qualidade dos materiais dos parafusos é padronizada, ou seja, quanto esforço de tensão um parafuso pode ser exposto antes que o ponto de escoamento (Yield Point) seja alcançado e antes que ocorra a quebra. Todos os parafusos devem ser marcados de acordo com sua classificação – um padrão que usa um sistema de dois dígitos, no qual o primeiro dígito refere-se à tensão máxima em  $100 \text{ N/mm}^2$  e o segundo dígito indica a relação entre o ponto de escoamento “Yield Point” e a tensão máxima.

A figura 2.4 ilustra um exemplo de parafuso com classe 8.8, a figura 2.5 o seu comportamento com relação à resistência a tensão de ruptura e a Tabela 2.1 mostra as diferentes classes de parafusos.

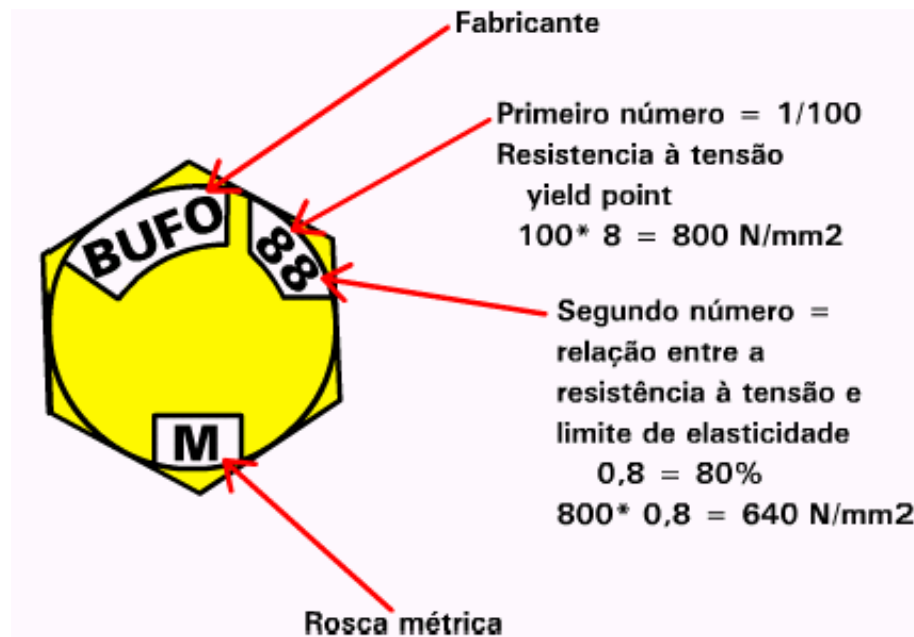


Figura 2.4 – Exemplo de parafuso com classe 8.8. (cortesia Atlas Copco)

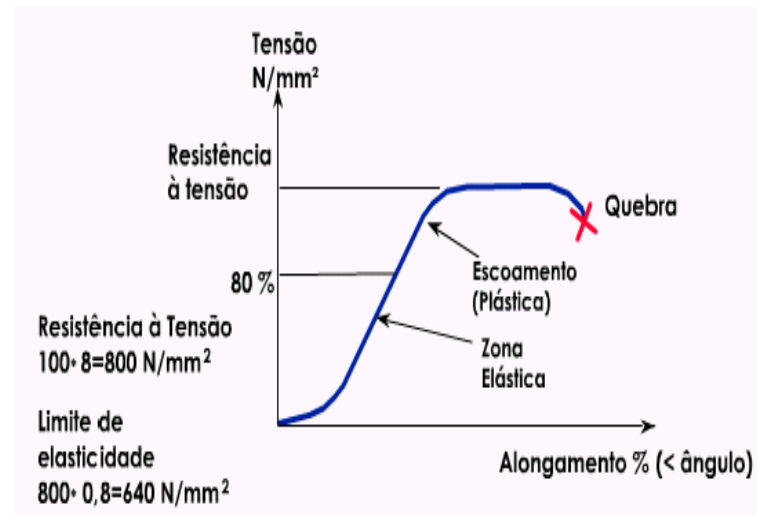


Figura 2.5 – Gráfico tensão X alongamento de um parafuso com classe 8.8. (cortesia Atlas copco)

Tabela 2.1 – Diferentes classes de parafusos (ISO 898/1)

Torque Padrão (Nm)							
Rosca	Classificação do Parafuso						
	3.6	4.6	4.8	5.8	8.8	10.9	12.9
M1.6	0.05	0.065	0.086	0.11	0.17	0.24	0.29
M2	0.10	0.13	0.17	0.22	0.35	0.49	0.58
M2.2	0.13	0.17	0.23	0.29	0.46	0.64	0.77
M2.5	0.20	0.26	0.35	0.44	0.70	0.98	1.20
M3	0.35	0.46	0.61	0.77	1.20	1.70	2.10
M3.5	0.55	0.73	0.97	1.20	1.90	2.70	3.30
M4	0.81	1.10	1.40	1.80	2.90	4.00	4.90
M5	0.60	2.20	2.95	3.60	5.70	8.10	9.70
M6	2.80	3.70	4.90	6.10	9.80	4.0	17.0
M8		8.90	10.50	15.0	24.0	33.0	40.0
M10		17.0	21.0	29.0	47.0	65.0	79.0
M12		30.0	36.0	51.0	81.0	114.0	136.0
M14		48	58	80	128	181	217
M16		74	88	123	197	277	333
M18		103	121	172	275	386	463
M20		144	170	240	385	541	649
M22		194	230	324	518	728	874
M24		249	295	416	665	935	1120
M27		360	435	600	961	1350	1620
M30		492	590	819	1310	1840	2210
M36		855	1030	1420	2280	3210	3850
M42		1360		2270	3640	5110	6140
M45		1690		2820	4510	6340	7610
M48		2040		3400	5450	7660	9190

### 2.1.2.3 – Porcas.

A definição sobre porcas encontrada na literatura é apresentada abaixo:

“Porcas podem ser consideradas como parafusos fêmeas constituindo a cabeça removível de um parafuso ou um prisioneiro”. (Fonte: Desenho Técnico Mecânico, volume 2: Manfè, Pozza, Scarato) (Eduardo Pinto, 2005).

Distinguem-se porcas prismáticas, cilíndricas e manobráveis a mão. As porcas, da mesma forma que os parafusos, seguem normas e complementam um sistema de fixação, dependendo do tipo de aplicação.

As porcas com roscas métricas ISO, também são as mais utilizadas na indústria.

### 2.1.3 – Parâmetros Básicos de Controle de Aperto.

#### 2.1.3.1 – Torque.

A norma ISO 5393 é um padrão internacional que especifica o método para teste de performance dos equipamentos rotativos em elementos roscados. Abaixo é mostrada a definição de torque fornecida pela norma.

“Torque é o produto da força de aperto e a distância perpendicular entre a linha da força e o centro do parafuso”. (ISO 5393, 1994). Equação 2.4.

Ou seja:

$$T = F \times R \quad (2.4)$$

Onde:

T = Torque (Kgf.m);

F = Força aplicada (Kgf);

R = Distância entre a Força aplicada e o centro do parafuso (m).



Este conceito pode ser visualizado na Figura 2.6 (fonte: Atlas Copco), onde se observa que quanto maior a distância para a mesma força aplicada, maior será o torque produzido no eixo.

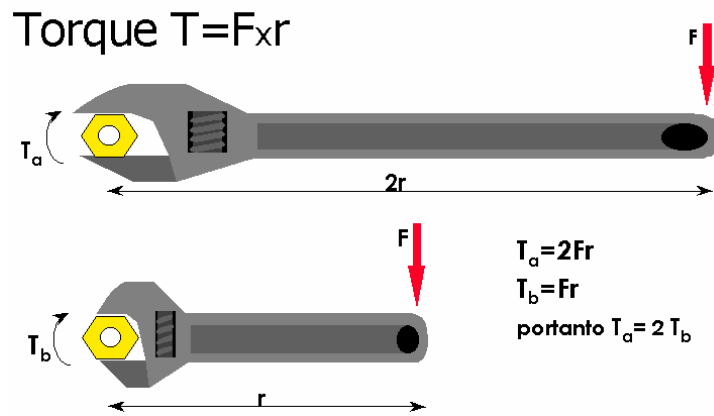


Figura 2.6 – Definição de torque (cortesia Atlas Copco)

A unidade de torque pelo Sistema Internacional (SI) é dada por: Nm (Newton x metro)

Outras unidades podem ser utilizadas, como:

Kgf.m (Kilograma força x metro); Sistema Métrico.

Lb.ft (Libras x pé); Sistema Americano.

Lb.in (Libras x polegada); Sistema Americano.

Pode-se utilizar para conversão destas unidades em Nm os seguintes valores (Dados Técnicos - Tohnichi, 1999):

$$1 \text{ Kgf.m (Kilograma força x metro)} = 9,81 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ Lb.ft (Libras x pé)} = 1,36 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ Lb.in (Libras x polegada)} = 0,113 \text{ Nm}$$

### 2.1.3.2 – Torque e Ângulo.

Definição de ângulo fornecida pela ISO 5393.

“Ângulo: Medição do deslocamento angular a partir do momento em que o parafuso é girado até o seu destino final” (ISO 5393, 1994).

A unidade é expressa em graus geométricos (°).

O torque de aperto é o critério normalmente utilizado para especificar a pré-tensão no parafuso. O torque ou o momento da força podem ser medidos pelo método dinâmico, enquanto o parafuso é apertado, ou pelo método estático, verificando o torque com um torquímetro após o aperto.

Com o avanço da eletrônica e o desenvolvimento de novos materiais, as indústrias passaram a utilizar parafusos com dimensões menores. Diante deste cenário, exigiu-se o desenvolvimento de uma técnica de aperto que envolvesse além do torque, também um ângulo de giro, elevando assim a força de união.

O controle de ângulo de giro baseia-se na relação que existe entre o alongamento (deformação linear) e o ângulo de giro da cabeça/porca do parafuso. Desta forma, as influências dos atritos ficam minimizadas, sendo somente relacionadas ao que se chama de “momento de ligação”.

As especificações de torque variam consideravelmente dependendo das demandas de qualidade da junta. Exemplo: uma junta de segurança em um veículo automotor, tal como a suspensão da roda, não pode falhar, por outro lado, uma simples fixação de uma porca com parafuso para ajuste de um dispositivo não é considerado importante do ponto de vista de força de união.

Portanto, o ângulo de giro do parafuso ou porca numa junção carregada será determinado em função da elasticidade do parafuso e da junta.

Quando a junta é apertada, o giro do parafuso ou porca cria uma força de tensão no parafuso  $F_s$  e uma força de união  $F_u$  nas peças unidas, conforme mostra a Figura 2.7. Devido às forças, o parafuso é alongado e as partes da junta são comprimidas.

A compressão da junta ( $\delta u$ ) e o alongamento do parafuso ( $\delta s$ ) podem ser unidos graficamente em uma forma triangular, gerando uma resultante final do alongamento que pode ser utilizada para determinar o ângulo de aperto.

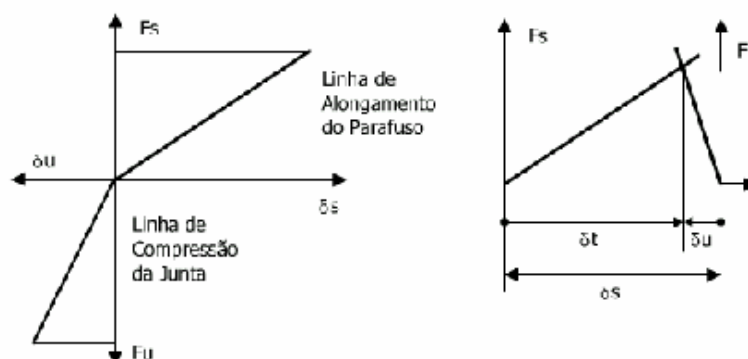


Figura 2.7 – Força de união função do alongamento (Cortesia M. Shimizu).

Uma junta apertada estará sempre sujeita a assentamento das superfícies durante a operação e uma deformação pode ocorrer na junta de vedação.

Conhecendo a elasticidade das juntas e do parafuso, bem como o tipo de cabeça adequada para aquela junta, obtém-se grande precisão no aperto em qualquer faixa de utilização do mesmo (plástica ou elástica).

Observando a Figura 2.8, nota-se que as vantagens do método são melhores na zona plástica do parafuso, devido ao achatamento da curva Torque x Ângulo, garantindo sempre a geração da força requerida. (Fonte: Manual Tecnologia de Fixação, M. Shimizu, 1996).

A desvantagem para parafusamento na zona plástica é a necessidade de um parafuso/porca especial, suficientemente dúctil e de grande alongamento, com reaproveitamento restrito. O ângulo é normalmente determinado em ensaios de laboratório.

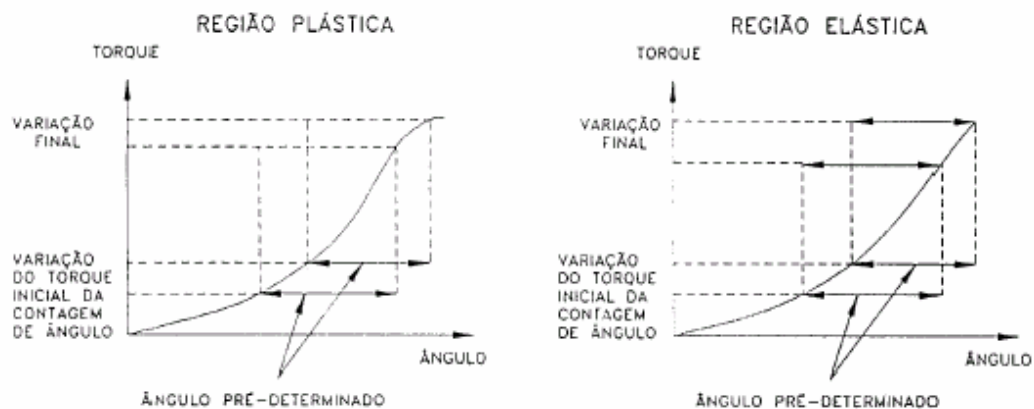


Figura 2.8 – Região plástica e elástica (Cortesia M. Shimizu).

Depois de um assentamento seguro e transmitido um torque suficiente para que as partes obtenham o momento de ligação, o parafuso é girado até um ângulo determinado, conforme ilustra a Figura 2.9.

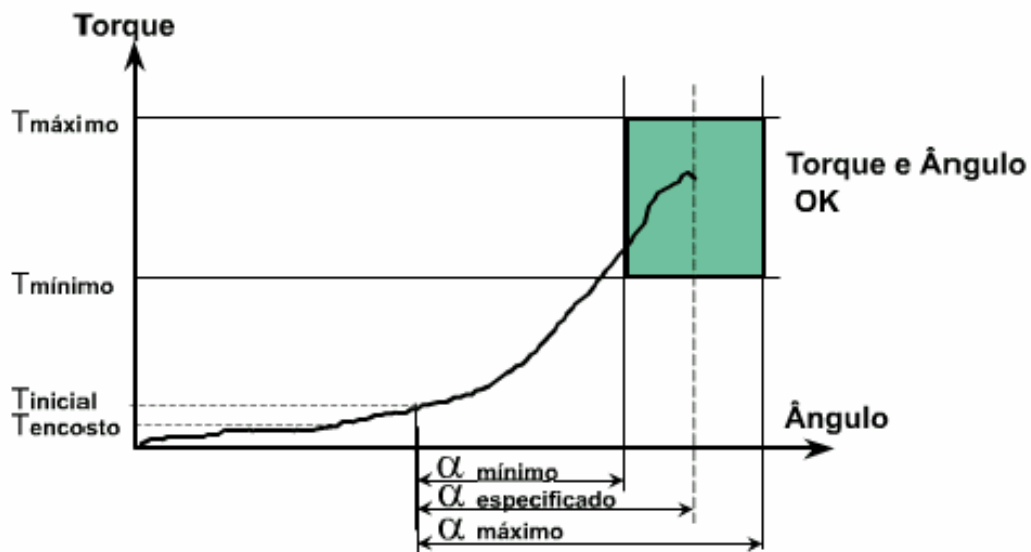


Figura 2.9 – Processo de aperto por torque e ângulo (cortesia Atlas Copco)

## 2.2 - Conceitos e definições de controladores de torque e ângulo

Conforme a figura 2.10, os controladores de torque são compostos basicamente de:

- a) Painel principal,
- b) Parafusadeira,
- c) Cabo de comunicação entre o controlador e a parafusadeira.

Os controladores foram desenvolvidos combinando um motor elétrico controlado eletronicamente através de um microprocessador devidamente programado para o monitoramento de torque-ângulo.

O motor da parafusadeira é alimentado por uma tensão de 115 VAC e solicita uma corrente da ordem de 15 A. Pode ser operado em duas velocidades durante o processo de operação de aperto. O controle e monitoramento de torque-ângulo obtém os valores de torque a partir de um transdutor de torque, “strain-gage”, e o ângulo é obtido através de um sensor de efeito hall, ambos instalados nas parafusadeiras.

A comunicação entre o operador e o controlador é feita através de um teclado de membrana e um “display” alfa numérico. O resultado aceito ou rejeitado é apresentado por lâmpadas ou leds e por um alarme sonoro, todos dispostos à frente do painel do controlador. Algumas marcas oferecem também o resultado e indicação na própria parafusadeira. Todos

estes cuidados são necessários para se efetuar a verificação do sucesso do processo, reduzindo os erros.

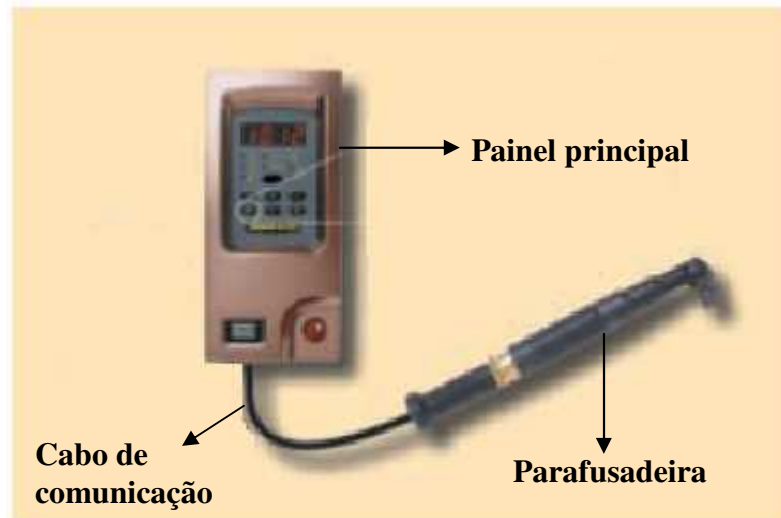


Figura 2.10 – Composição de um controlador de torque (cortesia Atlas Copco)

### 2.2.1– O sensor de torque a “Strain Gage”

“Em meados de 1930 foi dada maior atenção ao efeito que *Charles Wheatstone* havia observado e mencionado em sua primeira publicação em 1843, sobre o circuito em ponte (“Bridge Circuit”) que ele havia inventado. Este efeito considera a variação da resistência elétrica em um condutor elétrico devido ao efeito de uma deformação mecânica”. (Fonte: An Introduction to Measurements using Strain Gages, Karl Hoffmann).

“Uma das primeiras descobertas sobre o efeito do ”Strain Gage” foi feita pelo cientista inglês *Robert Hooke* em 1678, onde estabeleceu a relação entre o “Stress” do material e a deformação resultante. Mas somente em 1938, nos Estados Unidos da América, duas pessoas que estavam trabalhando simultaneamente em locais diferentes na idéia do uso do “Efeito Thomson” com o propósito de medições, é que iniciaram os estudos que chegaram ao “Strain Gage” e suas aplicações. Estas pessoas eram *Edward E. Simmons*, que trabalhava na Califórnia e *Arthur Claude Ruge* que trabalhava na faculdade de Sismologia em Massachusetts”. (Fonte: An Introduction to Measurements Using Strain Gages, Karl Hoffmann).

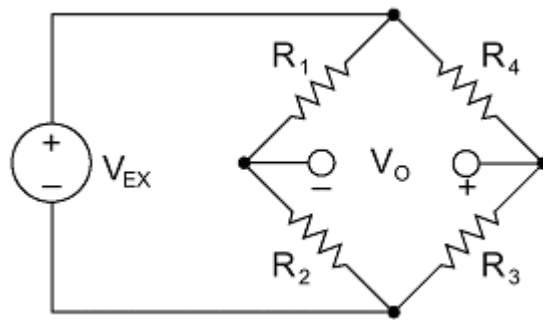


Figura 2.11 - Wheatstone bridge circuit (cortesia National Instruments)

“STRAIN” – é o quanto um corpo se deforma devido a uma aplicação de força. Mais especificamente, “Strain” é definido como a fração da variação no comprimento, conforme figura 2.12 abaixo:

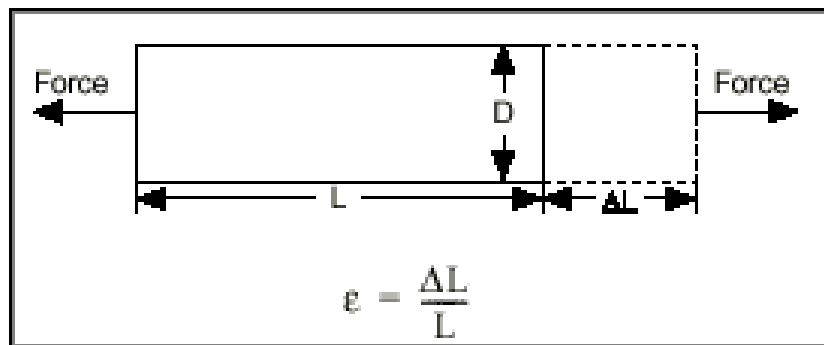


Figura 2.12 - Definição de Strain (Cortesia National Instruments)

“STRESS” – É a relação entre a força aplicada e a área onde está sendo aplicada a força, conforme equação 2.5 abaixo:

$$Stress = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

O princípio de funcionamento de um “Strain Gage” é baseado na relação entre “Strain” e resistência elétrica de um condutor. Este princípio foi descoberto por Wheatstone e Thomson. A ponte de Wheatstone, figura 2.11, consiste de quatro (4) braços resistivos com uma voltagem de excitação ( $V_{EX}$ ), que é aplicada através da ponte. A voltagem de saída ( $V_0$ ) é dada pela equação 2.6:

$$V_0 = \left[ \frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] V_{EX} \quad (2.6)$$

Desta equação 2.6, a voltagem de saída ( $V_0$ ) é zero quando  $R_1/R_2 = R_4/R_3$ . Sob esta condição, a ponte é tida como balanceada. Qualquer mudança na resistência em qualquer braço resistivo da ponte resulta em uma voltagem de saída diferente de zero.

### 2.2.2- Transdutor de Torque

Trandutor que converte torque em sinais elétricos. Permite a medição automática de torques, através do uso de “strain gage” que está devidamente solidário a um eixo, que por sua vez aplicará o torque à peça em questão. Basicamente a ponte é alimentada com 10VDC e a variação da tensão de saída, provocada pela deformação mecânica, passa por um amplificador de sinal, por um filtro e é convertida em valor de torque. A figura 2.13 mostra o diagrama simplificado de um transdutor de torque.

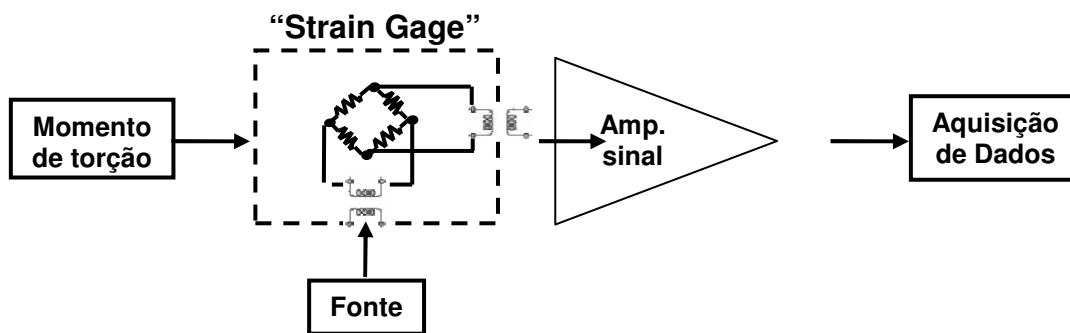


Figura 2.13 – Diagrama simplificado de um transdutor de torque

### 2.2.3- “Threshold”

É o valor de torque a partir do qual o controlador inicia a contagem de ângulo de rotação. Normalmente este recurso é utilizado quando se quer controlar torque –ângulo de aperto, ou seja, além do torque, serve para que se possa ter certeza de que o parafuso ou a porca aplicou a força necessária para a união dos materiais.

### 2.2.4- “Downshift”

Este parâmetro permite que a parafusadeira gire com a máxima velocidade até um determinado valor de torque inferior ao valor que se tem como objetivo e, ao atingir este valor, a parafusadeira reduz a velocidade para que se obtenha um torque mais acurado. Normalmente se utiliza 90% do valor do torque desejado para o parâmetro de “downshift”.

### 2.2.5- Efeito Hall

O efeito Hall foi descoberto em 1879 por E.H. Hall, que submeteu um condutor elétrico a um campo magnético perpendicular à direção da corrente elétrica. Hall verificou que uma diferença de potencial elétrico aparecia nas laterais deste condutor na presença do campo magnético, conforme mostrado na figura 2.14.

Este efeito ocorre devido às cargas elétricas tenderem a desviar-se de sua trajetória por causa da força de Lorentz. Desta forma cria-se um acúmulo de cargas nas superfícies do condutor produzindo uma diferença de potencial. Apesar de o efeito Hall existir em qualquer material condutor, seu efeito é mais intenso em materiais semicondutores. Entretanto, os semicondutores apresentam variações de lote para lote, necessitando de um circuito eletrônico auxiliar para ajustar o sinal do efeito Hall para um valor calibrado do campo magnético. A grande vantagem do sensor Hall como elemento de medida do campo magnético é a capacidade de medir tanto campos contínuos (DC) como alternados em um único instrumento. Praticamente todos os gaussímetros portáteis utilizam sensores Hall.

Princípios: O Efeito Hall é ideal para o uso em tecnologia de sensoriamento. O elemento Hall é construído a partir de uma folha de material condutor com saídas conectadas de forma perpendicular à direção do fluxo de corrente. Quando exposto a um campo magnético, ele responde com uma tensão proporcional à força do campo magnético. A tensão de saída é muito pequena ( $\mu\text{V}$ ) e requer circuitos adicionais para elevar a níveis de uso. Quando o elemento Hall é combinado com circuitos eletrônicos, temos então o sensor de efeito Hall. Se o sensor Hall for colocado em um campo de linhas de fluxo magnético ele, irá gerar uma tensão diretamente proporcional à força do campo magnético.

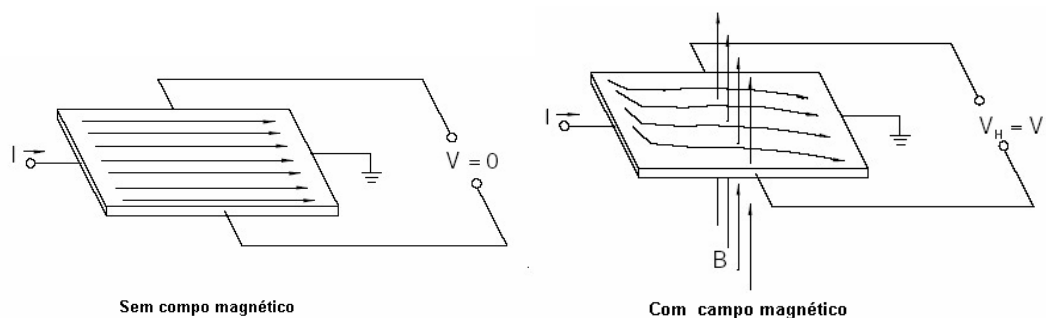


Figura 2.14 – Princípio do efeito “hall” (cortesia Honeywell)



Campos Magnéticos: O espaço ao redor de um magneto contém um campo magnético.

É difícil compreender a significância desta estranha condição externa ao corpo de um magneto (ímã) permanente. É uma condição não detectada por nenhum dos nossos cinco sentidos. Contudo este campo pode atrair objetos ferromagnéticos, converter energia elétrica em energia mecânica e provocar o efeito Hall em dispositivos sensíveis. Essa força física exercida pelos ímãs pode ser descrita por linhas de fluxo originadas no pólo norte e terminando no pólo sul, conforme mostrado na figura 2.15. Como efeito, as linhas de fluxo possuem uma direção específica. O conceito da densidade de fluxo é usado para descrever a intensidade do campo magnético em um ponto do espaço. A densidade de fluxo é utilizada para medir o campo magnético.

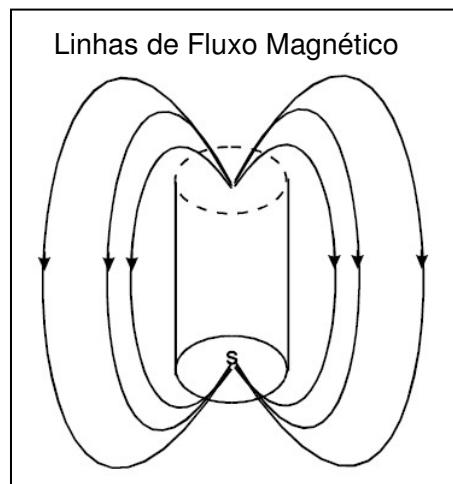


Figura 2.15 – Linhas de fluxo magnético (cortesia Honeywell)

Sistemas Magnéticos: Sensores de efeito Hall convertem um campo magnético em um sinal elétrico útil a uma aplicação de medição. O sistema magnético tem a função de transformar os fenômenos físicos em um campo magnético que, através do sensor de efeito Hall, será medido. O diagrama de blocos ilustra este conceito.

Muitos parâmetros físicos podem ser mensurados induzindo movimento a um ímã. Por exemplo, pressão e temperatura podem ser sensoriados através da expansão e contração de dispositivos onde os ímãs encontram-se fixados. O mesmo ocorre com o movimento de ímãs passando no campo de atuação do sensor Hall, porém neste caso a grandeza física seria a velocidade ou aceleração.

Há inúmeras aplicações e modos de operação para os sensores de efeito Hall.

Operação: Todos os dispositivos de efeito Hall são ativados por campo magnético. Para esses dispositivos e conexões elétricas, devem ser fornecidos parâmetros como: corrente

elétrica, condições ambientais e tensão de alimentação e devem estar dentro dos limites especificados pela documentação apropriada.

A chave Hall tem sua área ativa sendo a face que possui os dados do componente. Para a chave operar, a linha de fluxo magnético deve ser perpendicular a essa face, e deve estar na polaridade correta. Se o pólo sul se aproximar, causará o chaveamento, já o pólo norte não terá efeito. A figura 2.16 mostra o acionamento da chave de efeito Hall.

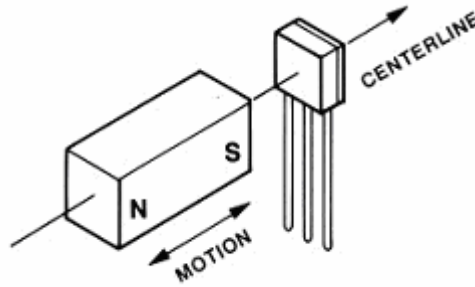


Figura 2.16 – Chave de efeito “Hall” (cortesia Allegro Microsystems Inc.)

### 2.2.6- Transdutor de ângulo

Transdutor de ângulo: Sensor que converte variações de campos magnéticos em sinais elétricos e, portanto, permite a medição automática de ângulo, através do uso de sensores de efeito “hall” que estão devidamente solidários a um eixo.

Montagem do rotor magnético: Os magnetos de ativação estão fixados no eixo e a chave estacionária “Hall” é ativada em cada passagem de um pólo sul magnético.

No caso da parafusadeira eletrônica, o material magnético encontra-se no final do eixo do motor da parafusadeira, no formato de um anel, e ao seu redor os sensores de efeito “hall” dispostos em 120° uns dos outros (3 sensores) conforme mostra figura 2.17. Se linearizarmos o material magnético, notaremos uma sequência de pólos norte e sul, conforme mostrado na figura 2.18. a cada vez que o pólo sul passar pela chave Hall, a mesma será acionada, conforme mostrado na figura 2.19.

O campo magnético tem duas importantes características: densidade do fluxo e polaridade (ou orientação). Na ausência do campo a chave de efeito Hall estará OFF (circuito aberto), ela irá para ON somente se o campo magnético tiver densidade suficiente e estiver na orientação correta.

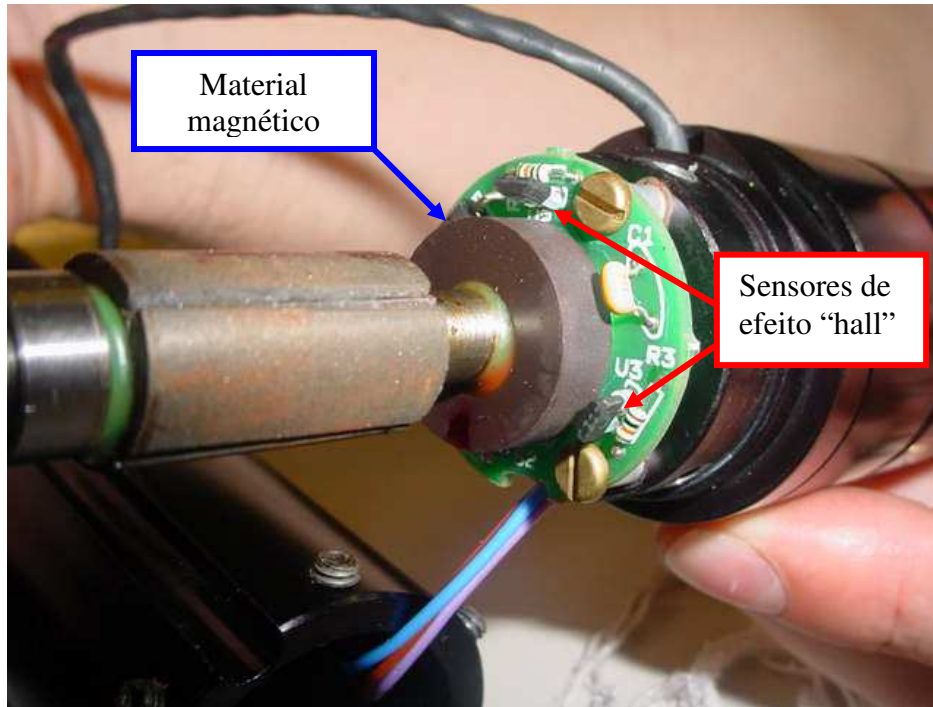


Figura 2.17 – Foto da montagem do transdutor de ângulo

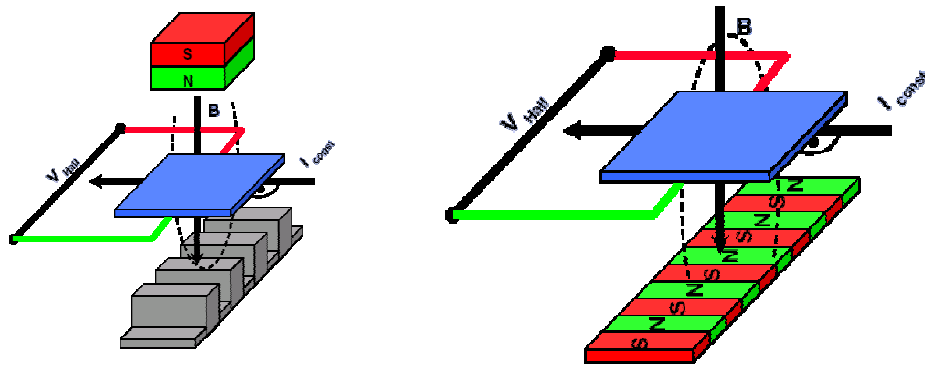


Figura 2.18 – Princípio de funcionamento do efeito “hall”

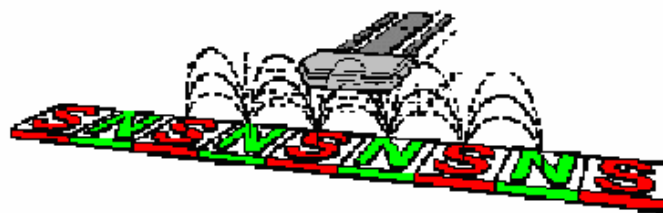


Figura 2.19 – Princípio de funcionamento do efeito “hall”

Os elementos que excitam o sensor ficam no anel magnético, girando solidários com eixo do motor e passando a alguns milímetros dele. Os sinais dos sensores chegam aos circuitos de entrada, onde são amplificados a níveis elétricos suficientes e entram no algoritmo e são transformados em ângulos para o usuário, conforme figura 2.20.

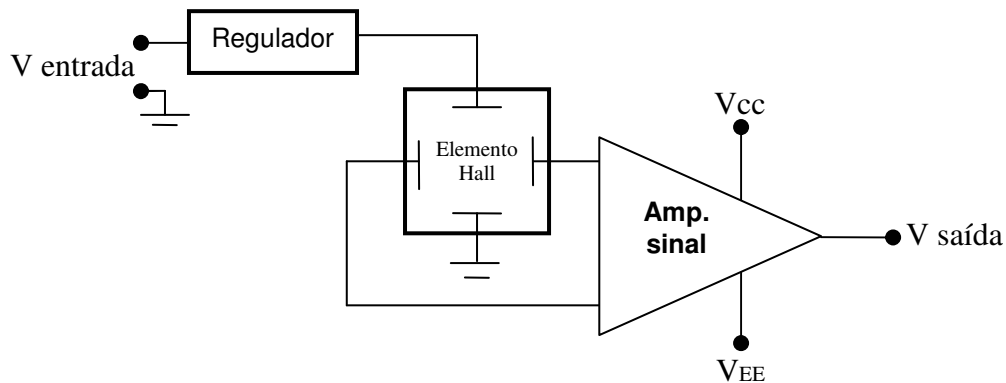


Figura 2.20 – Diagrama simplificado de um transdutor de ângulo

## 2.3 Código de barras

### 2.3.1 Conceitos Básicos

Os códigos de barras são símbolos criados para leitura por máquina e servem para armazenar bits de dados. Estes símbolos são usados para identificar, rastrear e controlar produtos e também integram os sistemas de pontos de vendas das empresas de comércio varejista. Os códigos de barras são usados atualmente no mundo inteiro e estão sempre presentes. Para compreender como as informações são codificadas em códigos de barras é fundamental que se tenha os seguintes conceitos:

**Barra** - Consiste na parte escura do código (normalmente preta), ela absorve a luz e codifica um em cada módulo de barra.

**Espaço** - Consiste na parte clara do código (geralmente o fundo em que o código é impresso), ele reflete a luz e cada módulo é codificado como zero.

**Caractere** - Cada número ou letra codificado com barra e espaço. Cada caractere pode ser modificado por tantos “1” ou “0” quantos forem os módulos contidos na sua codificação.

**Separadores** - Os separadores servem para indicar as extremidades do código e indicar ao leitor o sentido em que o código está sendo lido. Estes separadores servem também para permitir que o código seja lido nos dois sentidos, conforme figura 2.21.



Figura 2.21 – Separadores

Sinais de enquadramento - Delimitam uma área retangular na qual deve estar contido todo o elemento de código e somente ele, conforme figura 2.22.



Figura 2.22 – Código de barras – sinais de enquadramento

Densidade do código de barra - É caracterizada pela relação entre a quantidade de módulos ou caracteres e o espaço ocupado pelos mesmos uma vez impressos.

Módulo - O módulo consiste no elemento mais estreito do código, seja ele uma barra ou espaço. Os separadores, as zonas mudas, os caracteres especiais, ou seja, todos os elementos que compõem o código de barra são múltiplos do módulo quanto à largura. Isto posto, pode-se dizer que o módulo é a unidade mínima e básica componente do código de barras, cujo tamanho é definido diretamente pela densidade do código.

Dígito verificador - utilizado para detectar erros durante a varredura, evitando assim a leitura errônea e também adulterações, ele é constituído por um elemento incluído no código que é calculado a partir de um algoritmo que emprega os demais números do código, conforme figura 2.23.



Figura 2.23 – Dígito verificador



Leitura: Um dispositivo de leitura de código de barra transforma os dados codificados em barras em sinais elétricos de durações proporcionais as barras. Entende-se melhor isto se observando o funcionamento de uma caneta ótica.

A caneta ótica é um dispositivo leitor de código de barra que tem em sua ponta um emissor de luz (normalmente vermelha) e um sensor para receber a reflexão dessa luz (ou não). Assim, se a caneta ótica for colocada em uma superfície branca, a luz emitida vai refletir na superfície e o sensor vai captar essa reflexão e gerará um sinal elétrico que corresponde à superfície branca. De maneira oposta, se a caneta for posicionada em cima da superfície escura, normalmente preta, a luz emitida da caneta será absorvida e o sensor não receberá nenhum reflexo, gerando um sinal elétrico correspondente à cor preta. Se a caneta for passada sobre uma etiqueta de código de barras com velocidade constante, a caneta irá gerar uma seqüência de pulsos elétricos conforme a mesma vai passando pelas barras (largas e finas) pretas e espaços em branco.

Através da luz refletida pelos módulos que compõem os espaços ou pela sua ausência nas barras, o leitor interpreta o código. A interpretação acontece através do uso de um conversor analógico digital que transforma os sinais elétricos analógicos produzidos pela luz recebida por meio de um sensor fotoelétrico, em um sinal digital (sucessão de 0s e 1s em forma de pulso). Na ausência da luz refletida gera um outro sinal digital que caracteriza a barra. Cada caractere do código é interpretado como um número binário, onde cada módulo reproduz um dígito 0 (reflexão da luz pelo código, ou seja, espaço no código), ou um dígito 1 (absorção da luz pelo código, ou seja, barra no código).

Decodificação: Decodificar um código de barras é transformar os sinais elétricos de um dispositivo leitor de código de barras em um caractere correspondente de acordo com o padrão do código utilizado. Assim, no exemplo anterior, a decodificação do código lido se daria da seguinte maneira: o decodificador obtém as informações: (barra estreita, barra estreita, barra larga, barra larga e barra estreita), e utilizando-se a tabela de codificação obtém como caractere lido o dígito correspondente.

Após uma etiqueta ser lida e decodificada, o resultado pode ser transferido para o equipamento de diversas maneiras tais como: via teclado, via interface RS-232C (serial) ou outra interface específica, tais como placas particulares ou interface joystick, por exemplo.

### **2.3.3 Códigos de barras mais utilizados**

A seguir citam-se os principais códigos de barras usados:

A) 25 Intercalado (2 de 5) – É uma simbologia exclusivamente numérica e relativamente compacta, pois as informações são codificadas e contidas tanto nas barras quanto nos espaços. Os códigos de barras 25 intercalados são usados em caixas de papelão ondulado para a indústria de transporte de mercadorias, em laboratórios, etc. A figura 2.27 nos mostra um exemplo do código 25 intercalado.



Figura 2.27 – Código de barras tipo 25 intercalado

B) Código 39 (código 3 de 9) – Esta é uma simbologia popular para identificação, rastreamento e controle de estoque de produtos. Tem comprimento variável e suporta seqüências alfanuméricas. Essa simbologia pode ser impressa em diferentes tamanhos e proporções de aspecto. Quando o usuário precisa de um código simples, esse é o código de barras mais utilizado. A figura 2.28 nos mostra um exemplo do código 39.



Figura 2.28 – Código de barras tipo código 39

C) POSTNET – Os códigos de barras POSTNET são usados para codificar códigos de endereçamento postal nos correios dos Estados Unidos da América. Os símbolos POSTNET são diferentes de outros códigos de barras, pois consistem de barras que variam em altura e em largura. O código recebe um apêndice que é o dígito de verificação e pode ser usado para códigos de endereçamento postal de 5 dígitos, 9 dígitos, ou os novos códigos de 11 dígitos que usam pontos de entrega para correspondência. A figura 2.29 nos mostra um exemplo do código tipo POSTNET.



Figura 2.29 – Código de barras tipo POSTNET



## 2.4 Controlador Lógico Programável

“Um controlador lógico programável, conhecido também pela sua sigla CLP no Brasil e pela sigla de expressão inglesa *programmable logic controller*, PLC, é baseado num microprocessador que desempenha funções de controle de diversos tipos e níveis de complexidade”.(<http://pt.wikipedia.org/wiki/Controlador>)

Os CLP's estão muito difundidos em controle de processos de automação industrial e nas áreas relacionadas com a produção em linhas de montagem, por exemplo, na indústria automobilística.

Num sistema típico, toda a informação dos sensores é concentrada no controlador (CLP) que, de acordo com o programa em memória, define o estado dos atuadores.

A Fig. 2.30 mostra a representação esquemática e o princípio de funcionamento de um CLP, onde cada elemento é descrito a seguir:

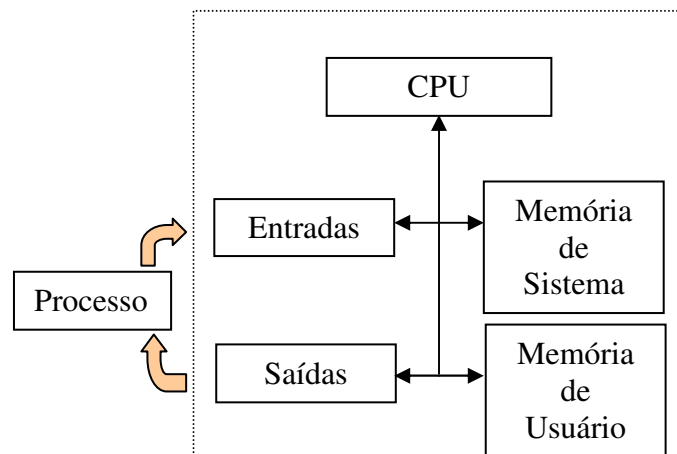


Figura 2.30 - Representação esquemática e o princípio de funcionamento de um CLP

Nesta figura tem-se:

*CPU (Unidade Central de Processamento):* É o elemento responsável pela execução do programa lido nas memórias.

*Memória de sistema:* Como a CPU é um elemento híbrido, ou seja, o mesmo componente pode ser encontrado dentro de uma calculadora ou de um vídeo cassete. Portanto, o que faz a CPU agir como um CLP é o programa encontrado na memória de sistema.

*Memória de usuário:* É a memória que armazena o programa de usuário, ou seja, o programa que irá controlar o processo.

*Entradas e saídas:* É o meio de ligação física entre o CLP e o processo, onde:

*Entradas:* O CLP recebe todos os sinais provenientes de botões, sensores, chaves, entre outros, para conhecimento do estado do processo.

*Saídas:* Conectam-se todos os atuadores do processo, como por exemplo: motores, lâmpadas, eletro-válvulas, sirenes, entre outros.

Uma vez conectadas as entradas e saídas, utiliza-se um microcomputador para programar o funcionamento desejado de um processo, ou seja, o microcomputador é utilizado para programar e transferir o programa para o CLP.

O aspecto físico de um CLP é ilustrado na Fig. 2.31.

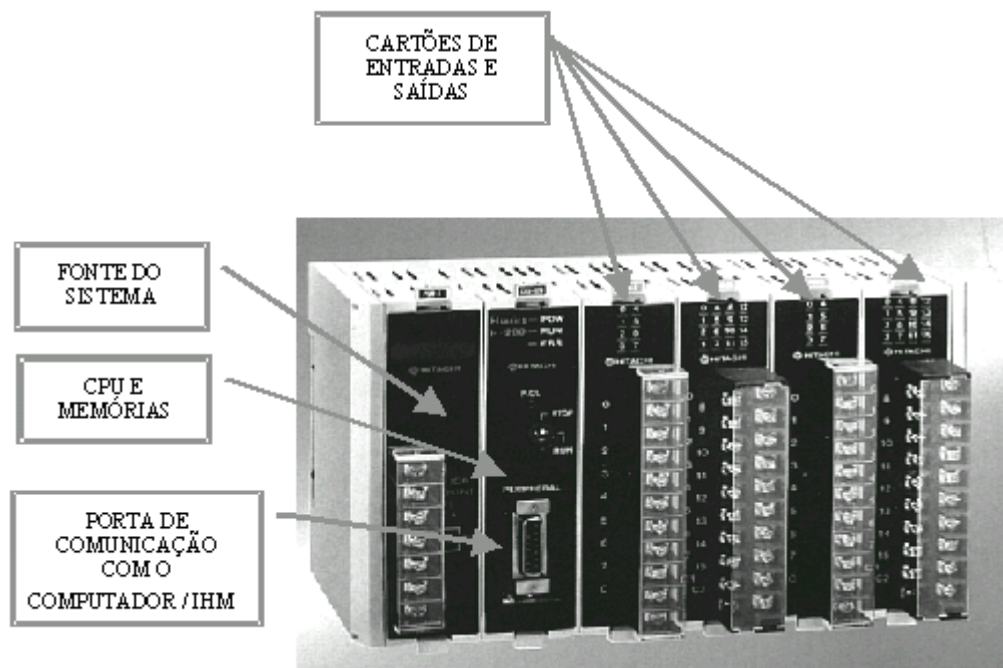


Figura 2.31 - O aspecto físico de um CLP

O CLP pode receber ou enviar informações para o processo, através de sinais, classificados como sinais digitais ou sinais analógicos.

Os sinais digitais são os que possuem dois estados definidos: Ligado ou desligado.

Como exemplo de sinais digitais de entrada podem ser citados: Botões de controle; sensores de presença; chaves de fim-de-curso; entre outros. E, como exemplo de sinais digitais de saída, tem-se: Lâmpadas de controle; sirenes; displays; eletro-válvulas; chaves magnéticas; entre outros.

Muitas vezes, não basta apenas saber se um elemento foi acionado ou não, mas o quanto foi acionado. Para estas situações, utilizam-se sinais analógicos.

Nestes casos, são sinais que indicam um valor de uma variável através de um sinal de tensão (0 a 10Vcc; -5V a +5V; -10V a +10V) ou de corrente (0 a 20mA; 4 a 20mA).

Como exemplo de sinais analógicos de entrada, tem-se: sensores de temperatura; umidade; pressão; nível; entre outros. E de sinais analógicos de saída, tem-se: servo-mecanismo de um modo geral (como o utilizado na movimentação e posicionamento de câmeras ou outros elementos móveis) como as servo-válvulas (válvulas que abrem e fecham completamente ou parcialmente, se desejado); entre outros.

Os sinais analógicos de entradas ao serem recebidos pelo CLP, são convertidos em números binários e se diferenciam também com respeito a sua precisão; isto pode ser indicado pelo número de bits compostos pelo valor obtido.

No mercado brasileiro encontram-se disponíveis CLP's com entradas ou saídas analógicas com resolução de 8, 10, 12 ou 16 bits. Cabe ressaltar que, quanto maior o número de bits de resolução, maior será a precisão obtida e conseqüentemente, maior será o custo do aparelho.

Assim sendo, devido à capacidade de trabalhar com qualquer tipo de sinal, pode-se dizer que um CLP é o elemento ideal para se controlar um sistema, ou processo, seja ele, analógico ou digital.

## **2.5 “Poka yoke”**

“POKA YOKE” — Palavra japonesa que significa, a prova de erros: “Yokeru” (=evitar) e “Poka” (=erros inadvertidos), o Poka-Yoke é uma técnica simples, mas extremamente poderosa, para eliminar as falhas humanas no local de trabalho. É um dispositivo destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e (ou) na utilização de produtos. Conceito que faz parte do Sistema Toyota de Produção e foi desenvolvido primeiramente por Shigeo Shingo, a partir do princípio do "não-custo". Um exemplo é a impossibilidade de remover a chave da ignição de um automóvel se a sua transmissão automática não estiver em "ponto morto", assim o motorista não pode cometer o erro de sair do carro em condições inseguras.

## Capítulo 3 – Proposição

Na indústria automobilística existem produtos que são considerados como delta invertido, onde a exigência de qualidade é muito grande. Atualmente, com sistemas de qualidade cada vez mais abrangentes, é exigido que o produto fabricado possua controles de qualidade mais rigorosos nos processos de manufatura, garantindo sua segurança, confiabilidade e a satisfação do cliente final, neste caso, o consumidor. Com a globalização afetando todos os segmentos industriais, principalmente a indústria automobilística, a exigência dos clientes se baseia no famoso tripé: qualidade, custo e prazo de entrega, pois o consumidor final não quer adquirir um veículo quase confiável, caro ou que demore muito para ser entregue.

Portanto, quando o assunto é processo de manufatura de produtos delta invertido produzidos em células de manufaturas que tenham variações dos parâmetros de processo entre os produtos e que utilizem parafusadeiras eletrônicas, não se pode depender somente de intervenções humanas na realização do “set-up” dos equipamentos para se garantir a qualidade do produto. Baseado neste pensamento é que resolveu-se aplicar as técnicas de trabalho em equipe, tais como "Brainstorm", espinha de peixe e Pareto. Dotados de informações necessárias, concluiu-se que para implementar melhorias no processo, seria necessário criar alguns “Poka-yokes” para este tipo de "set-up".

O principal "Poka-yoke" criado consiste em uma comunicação dos painéis das parafusadeiras eletrônicas das diversas estações de trabalho com o controlador lógico programável (CLP) do painel principal da célula de manufatura. E, através de um botão seletor numerado, é possível associar a cada modelo de produto um número, que corresponde aos valores pré-determinados dos parâmetros de processo das parafusadeiras, os quais ficam armazenados na memória das parafusadeiras. Ao efetuar-se a mudança desta seleção, automaticamente todas as parafusadeiras teriam seus parâmetros ajustados consistentemente para o modelo desejado. Adicionalmente, para garantir que o operador selecione corretamente o modelo a ser produzido, foi adicionada ao sistema a comparação da leitura dos códigos de barras de três dos componentes principais do produto final, leituras estas que já são feitas na primeira e quinta operação, com o número de “set-up” das parafusadeiras, evitando-se assim que peças não conformes sejam produzidas. Deste modo, o sistema verifica se os

componentes pertencem ao modelo selecionado antes de serem montados, garantindo assim a consistência do “set-up”.

### Diagrama do Controle de Processo

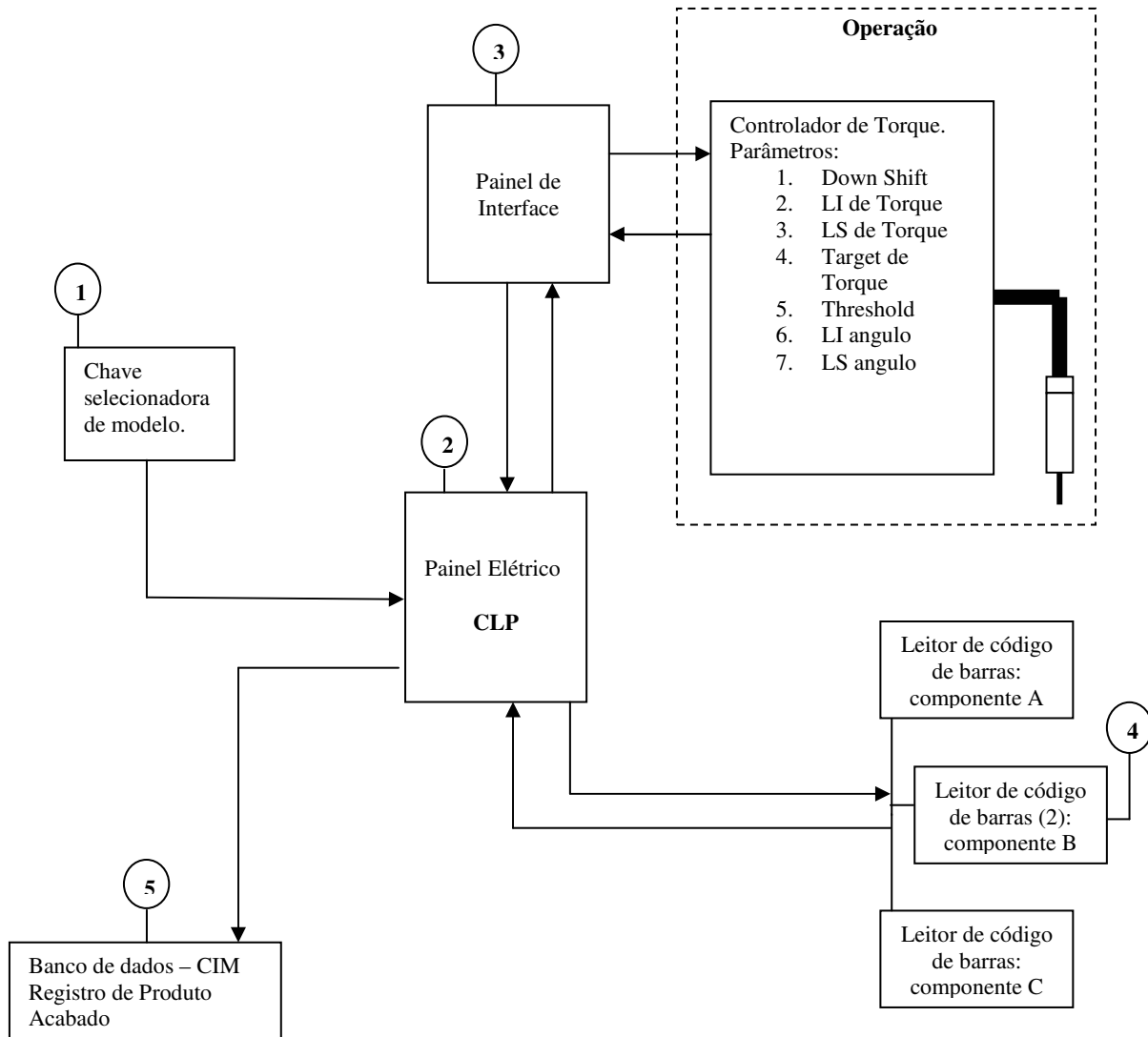


Figura 3.1 – Diagrama de comunicação

#### Descrição do Processo de controle:

O número selecionado na chave seletora (1) é enviado ao CLP que se encontra no painel principal (2) que aciona um endereço de memória no painel de interface (3), este painel contém os parâmetros das parafusadeiras. Antes de habilitar as parafusadeiras, os códigos de barras dos componentes são lidos através dos leitores (4) e os caracteres dos mesmos são

comprados com os caracteres pré-definidos no programa, caso sejam iguais, os códigos de barras são gravados no banco de dados (5) e as parafusadeiras são habilitadas.

## Capítulo 4 – Material e Método

Com o objetivo de estruturar a coleta de dados para análise dos resultados, foram definidos os materiais, equipamentos e método para implantação das modificações a serem implementadas na linha de manufatura.

### 4.1– Material utilizado

A coleta de dados foi realizada através da utilização dos materiais descritos na tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Lista de Materiais

<b>Equipamento</b>	<b>Característica</b>	<b>Qtde</b>
Parafusadeira Eletrônica com painel de controle Fabricante: GSE Automotive.	Faixa de 0 a 20 Nm	3
Parafusadeira Eletrônica com painel de controle Fabricante: Atlas Copco.	Modelo Power Focus 3000 ETDS\$-10 faixa de 3 a 14 Nm	4
Controlador Lógico Programável (CLP). Fabricante: Allen Bradley	Modelo PLC 5/60	1
Software de programação em Ladder	RSLOGIX 5	1
Leitor de código de barras. Fabricante: datalogic	Modelo DS45A	4
Planilha em Excel para tabela de componentes e parâmetros de processo (Matriz)	Projetada em Microsoft EXCEL.	1
Notebook Toshiba	Celeron com 64 MB de memória RAM.	1
Cabo de conexão Allen Bradley	Modelo 1784 – PCM5	1

## 4.2 – Método

O método utilizado para a realização do trabalho foi dividido em 5 etapas, sendo:

1. A divisão dos produtos em grupos que tenham os mesmos parâmetros de processo e configuração do programa dos painéis por operação;
2. Definição e atribuição de caracteres para os três principais componentes de cada produto para leitura de código de barras;
3. Definição da matriz de parâmetros de processo / caracteres de código de barras / produto / número da programação;
4. Programação do controlador lógico programável (CLP) e ligação dos equipamentos;
5. Funcionamento do “set-up” na célula.

### 4.2.1 – Divisão dos produtos em grupos

Utilizando-se os desenhos dos produtos, estabeleceu-se uma lista com o número do produto e seus respectivos parâmetros de processo em cada estação de trabalho e seus respectivos números (decimais) de programa da memória da parafusadeira eletrônica, conforme descrito na tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Produtos e seus respectivos parâmetros

Produto N°	Op. # 1 [Nm]	Op. # 2 [Nm]	Op. # 3 [Nm]	Op. # 4 [Nm]	Op. # 5 [Nm]	Op. # 6 [Nm]	Op. # 7 [Nm]	N° do Programa da parafusadeira eletrônica
I	5,8 ±0,5	5,8 ±0,5	3,0 ±0,2	3,0 ±0,2	2,9 ±0,5	9,8 ±1,5	9,8 ±1,5	0
II	4,5 ±0,5	4,5 ±0,5	4,5 ±0,5	4,5 ±0,5	2,9 ±0,5	9,8 ±1,5	9,8 ±1,5	3
III	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	2,9 ±0,5	9,8 ±1,5	9,8 ±1,5	1
IV	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	2,9 ±0,5	9,8 ±1,5	9,8 ±1,5	1
V	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	3,5 ±0,5	8,8 ±1,5	8,8 ±1,5	4
VI	7,0 ±0,5	7,0 ±0,5	7,0 ±0,5	7,0 ±0,5	2,0 ±0,5	7,0 ±0,5	9,8 ±1,5	2
VII	6,0 ±0,5	6,0 ±0,5	3,5 ±0,2	3,5 ±0,2	2,9 ±0,5	9,8 ±1,5	9,8 ±1,5	5
VIII	5,8 ±0,5	5,8 ±0,5	3,0 ±0,2	3,0 ±0,2	2,9 ±0,5	9,8 ±1,5	9,8 ±1,5	0
IX	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	2,9 ±0,5	9,8 ±1,5	9,8 ±1,5	1
X	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,5 ±0,5	10,8 ±1,5	10,8 ±1,5	6
XI	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	4,0 ±0,5	2,9 ±0,5	9,8 ±1,5	9,8 ±1,5	1
XII	4,8 ±0,5	4,8 ±0,5	4,8 ±0,5	4,8 ±0,5	3,5 ±0,5	8,8 ±1,5	8,8 ±1,5	7



Para a programação no CLP, utilizou-se a representação em números binários e como se tem no total 8 programas diferentes, usam-se apenas três (3) bits, ou seja, na programação aparecerá uma posição de memória de três (3) bits ou 8 combinações. Na tabela 4.3 abaixo a representação do número do programa em decimal e seu respectivo número binário (posição de memória).

Tabela 4.3 - Produtos e seus respectivos números binários

Produto N°	N° do Programa da parafusadeira eletrônica	Representação em n° binário de 3 bits
I	0	000
II	3	011
III	1	001
IV	1	001
V	4	100
VI	2	010
VII	5	101
VIII	0	000
IX	1	001
X	6	110
XI	1	001
XII	7	111

#### 4.2.2 – Definição e atribuição de caracteres

Foram definidos três (03) componentes como principais e considerando-se o fato que não é permitido a divulgação dos nomes dos produtos, os mesmos serão denominados por componente A, componente B e componente C. Para cada um dos componentes, existem variações de modelos e para cada um deles foi atribuído um caractere em forma de código de barras.

Para o componente A, têm-se cinco (05) modelos diferentes, conforme descritos na tabela 4.4.

Tabela 4.4 – Caracteres dos Componentes A

Componente A – Modelo	Caractere	Valor que o leitor lerá
A1	E	17696
A2	H	18464
A3	G	18208
A4	I	18720
A5	A	16672

A etiqueta de código de barras que identifica o componente A tem o formato mostrado na figura 4.1 abaixo:

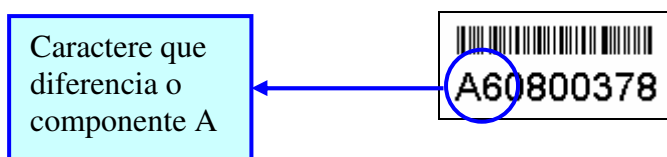


Figura 4.1 - Modelo de etiqueta de código de barras

Para o componente B têm-se seis (06) modelos diferentes, conforme descritos na tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Caracteres dos Componentes B

Componente B – Modelo	Caractere	Valor que o leitor lerá
B1	Y	22816
B2	L	19488
B3	K	19232
B4	W	22304
B5	Z	23072
B6	T	21536

A etiqueta de código de barras que identifica o componente B tem o formato mostrado na figura 4.2 abaixo:

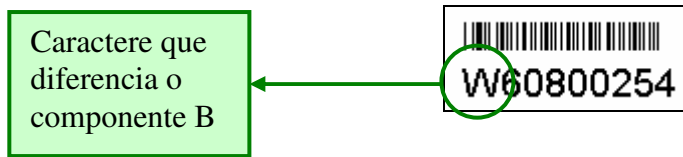


Figura 4.2 - Modelo de etiqueta de código de barras

Para o componente C têm-se seis (06) modelos diferentes, conforme descrito na tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Caracteres dos Componentes C

Componente C – Modelo	Caractere	Valor que o leitor lerá
C1	V	22048
C2	R	21024
C3	P	20512
C4	S	21280
C5	U	21792
C6	O	20256

A etiqueta de código de barras que identifica o componente C tem o formato mostrado na figura 4.3 abaixo:



Figura 4.3 - Modelo de etiqueta de código de barras

O funcionamento e comunicação do botão seletor com o Controlador Lógico Programável (CLP) se dão da seguinte maneira: o operador seleciona no tambor um número decimal, o seletor envia para o CLP um número hexadecimal, separando as casas de 4 em 4 bits; o CLP faz a leitura deste número hexadecimal como uma palavra de 8 bits e transforma em um número decimal, este número decimal entra no bloco lógico da programação como se

fosse um número hexadecimal e o número que aparece na tela de programação é convertido novamente em decimal.

Exemplo:

Nº no botão seletor: 52 (decimal)

Nº enviado ao CLP: 5 | 2 (decimal)

0101 | 0010 (Hexadecimal separado de 4 em 4 bits)

Palavra de 8 bits:  $2^6 + 2^4 + 2^1 = 82$  (decimal)

Nº enviado ao bloco lógico: 82 (decimal)

Palavra de 8 bits: 8 | 2

1000 | 0010 (Hexadecimal separado de 4 em 4 bits)

$2^7 + 2^1 = 130$

Nº convertido: 130 (decimal)

Os números correspondentes à seleção do operador que aparecem no programa do CLP são mostrados conforme tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Conversão de números

Nº do seletor (decimal)	Correspondente em hexadecimal (4 em 4 bits)	Nº enviado ao bloco lógico (decimal)	Correspondente em hexadecimal (4 em 4 bits)	Nº convertido (decimal)
1	0000 0001	1	0000 0001	1
2	0000 0010	2	0000 0010	2
3	0000 0011	3	0000 0011	3
4	0000 0100	4	0000 0100	4
7	0000 0111	7	0000 0111	7
10	0001 0000	16	0001 0110	22
11	0001 0001	17	0001 0111	23
12	0001 0010	18	0001 1000	24
13	0001 0011	19	0001 1001	25
14	0001 0100	20	0010 0000	32
15	0001 0101	21	0010 0001	33
52	0101 0010	82	1000 0010	130

### 4.2.3 – Distribuição dos componentes por produto

Como cada produto tem sua peculiaridade, ou seja, é composto por uma diferente composição de componentes e ou diferentes parâmetros de montagem (processo). Faz-se necessário à criação de uma tabela com a disposição dos componentes por grupo.

Tabela 4.8 – Distribuição dos componentes por produto

Produto N°	Componente B	Componente A	Componente C
I	B1	A1	C1
II	B2	A2	C2
III	B3	A3	C3
IV	B3	A3	C3
V	B2	A2	C2
VI	B4	A4	C2
VII	B5	A1	C4
VIII	B6	A1	C4
IX	B2	A2	C5
X	B2	A2	C2
XI	B3	A5	C6
XII	B1	A2	C5

Na tabela 4.9 abaixo, substituem-se os componentes pelos seus respectivos caracteres de leitura de código de barras, para que se possa acrescentá-los na matriz final.

Tabela 4.9 – Representação dos componentes por caracteres nos produtos

Produto N°	Componente B	Componente A	Componente C
I	Y	E	V
II	L	H	R
III	K	G	P
IV	K	G	P
V	L	H	R
VI	W	I	R
VII	Z	E	S
VIII	T	E	S
IX	L	H	U
X	L	H	R
XI	K	A	O
XII	Y	H	U

#### 4.2.4 – Matriz

Para facilitar a programação, foi desenvolvida uma matriz que relaciona: o “Part Number” de cada produto, o seu respectivo número de programa da parafusadeira eletrônica, os caracteres dos componentes A, B e C e o n° do botão seletor, conforme demonstrado na tabela 4.10.

Tabela 4.10 – Matriz final para programação

Produto N°	N° Programa da parafusadeira eletrônica	Caractere Componente B	Caractere Componente A	Caractere Componente C	Botão Seletor
I	0	Y	E	V	10
II	1	L	H	R	2
III	3	K	G	P	1
IV	1	K	G	P	13
V	4	L	H	R	4
VI	2	W	I	R	52
VII	0	Z	E	S	11
VIII	5	T	E	S	12
IX	1	L	H	U	15
X	6	L	H	R	14
XI	1	K	A	O	7
XII	7	Y	H	U	3

#### 4.2.5 – Programação do Controlador Lógico Programável (CLP)

A programação do CLP foi desenvolvida através do Software “RSLOGIX 5“, seguindo-se uma lógica de verificação das condições ideais para a montagem final, ou seja, após a confirmação do número de programa, selecionado pelo operador no botão seletor. O sistema verifica através dos blocos lógicos baseados na matriz, onde cada linha da matriz origina uma linha de bloco lógico (tabela 4.7). Se os códigos de barras dos componentes A e B lidos, são compatíveis com os valores pré determinados na matriz, o acionamento das parafusadeiras eletrônicas é liberado ao operador, caso contrário, não existe a liberação das parafusadeiras eletrônicas e assim por diante. Posteriormente, é verificado também se os códigos de barras dos componentes B e C são compatíveis, garantindo assim a montagem correta do produto. Lembrando que tanto o CLP e o Software, já eram utilizados nesta célula de manufatura e apenas foram acrescentados essas linhas no programa.

Da mesma maneira, funciona para a posição de memória das parafusadeira eletrônicas, ou seja, após a confirmação do número de programa, selecionado pelo operador, o sistema acessa através de blocos lógicos, uma posição de memória, conforme descrito na tabela 4.3.

Abaixo um exemplo de algumas linhas da programação do CLP. Primeiramente, o programa verifica o nº selecionado pelo operador com os blocos lógicos que foram acrescentados no programa, conforme figura 4.4.

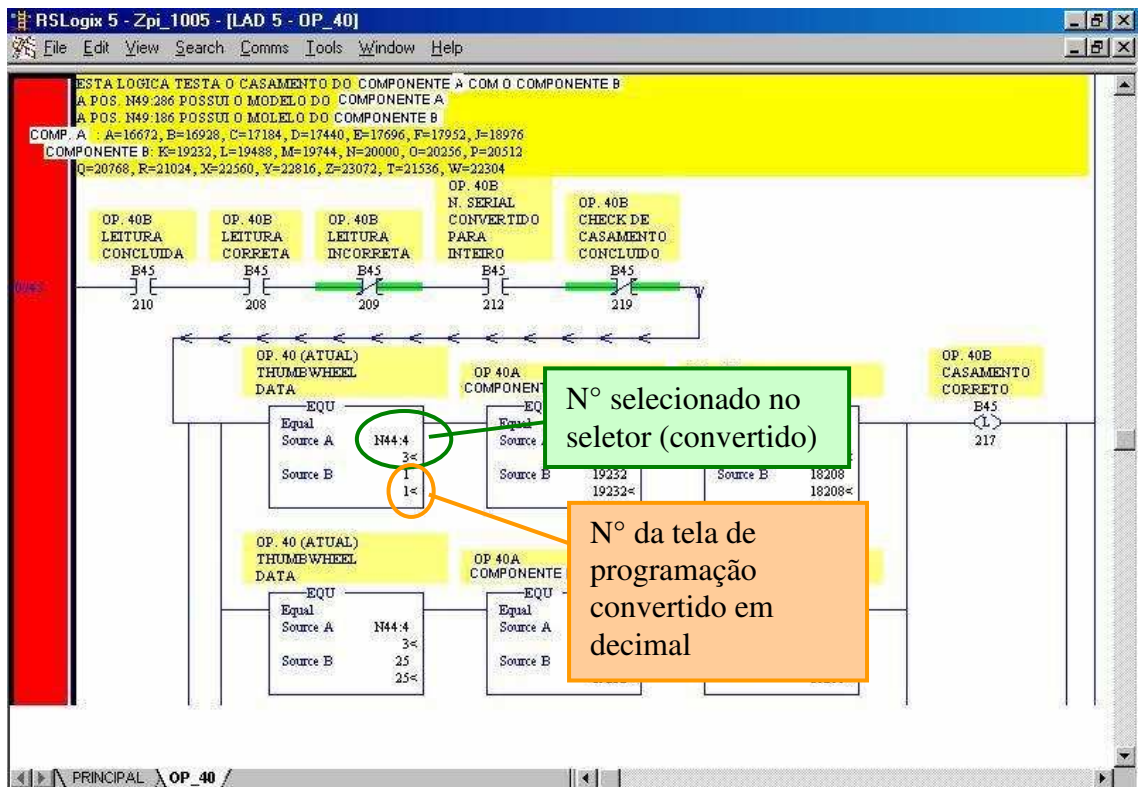


Figura 4.4 – Comparação do Nº do seletor

Uma vez encontrado qual o bloco lógico, o próximo passo será comparar os caracteres lidos nos códigos de barras dos componentes A e B com os valores contidos nestes blocos lógicos, caso eles se confirmem, as parafusadeiras são liberadas para montagem das peças, conforme figuras 4.5 e 4.6.



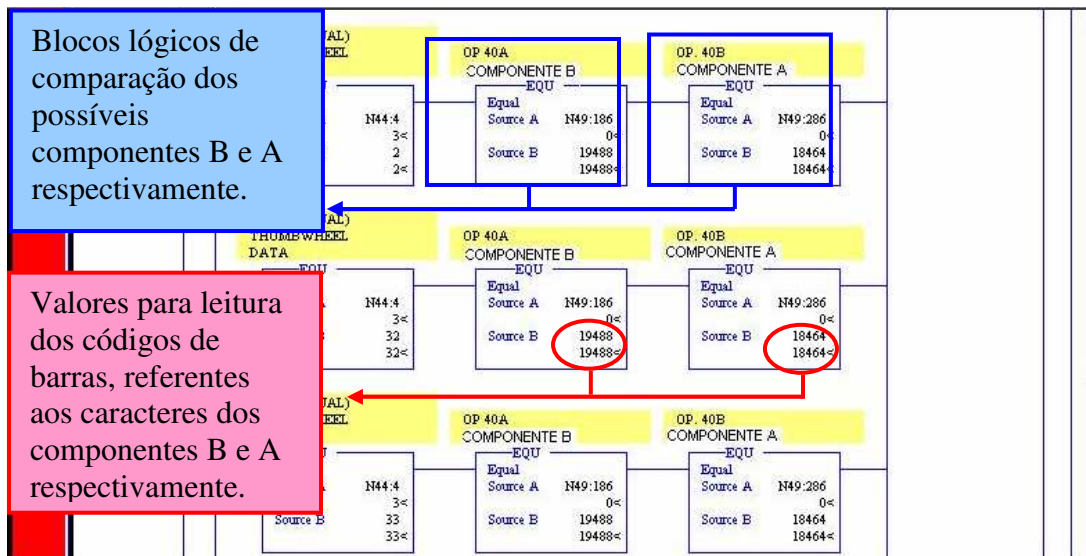


Figura 4.5 – Comparação dos caracteres dos Componentes

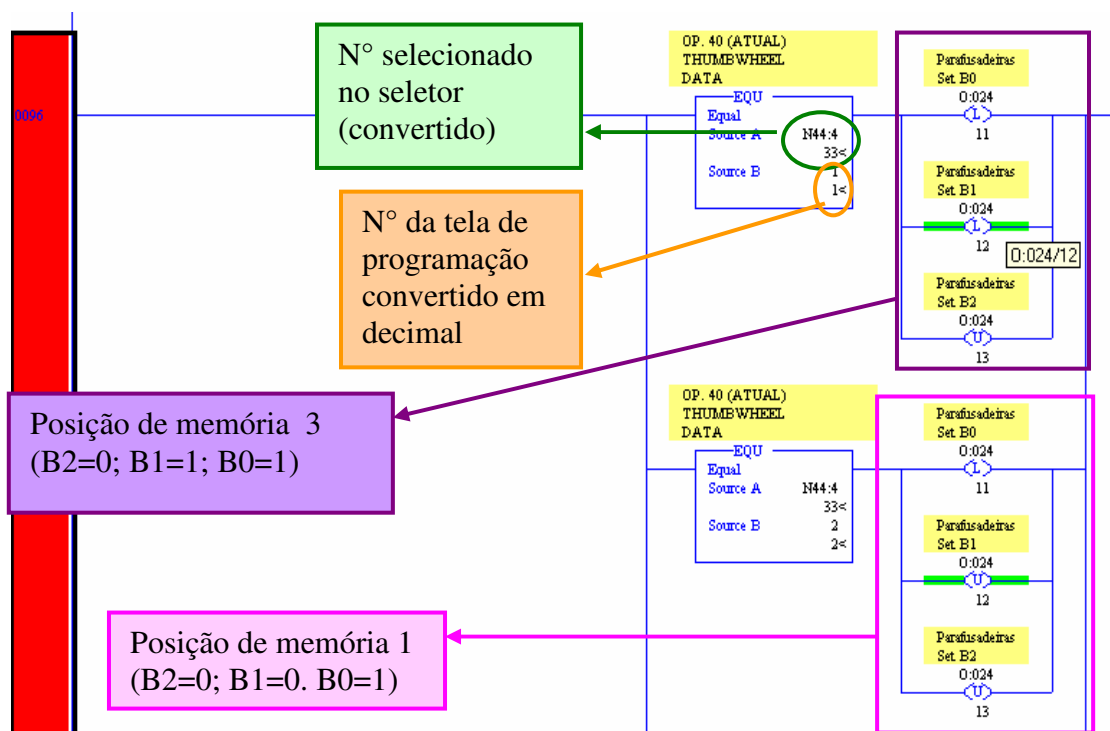


Figura 4.6 – Acesso à posição de memória das parafusadeiras

#### 4.2.6 – Funcionamento do “set-up” na célula

O princípio de funcionamento do “set-up” se resume em o operador selecionar um número, que corresponde ao modelo a ser produzido, no botão seletor e confirmar com um simples apertar de um botão, conforme figura 4.7 abaixo:

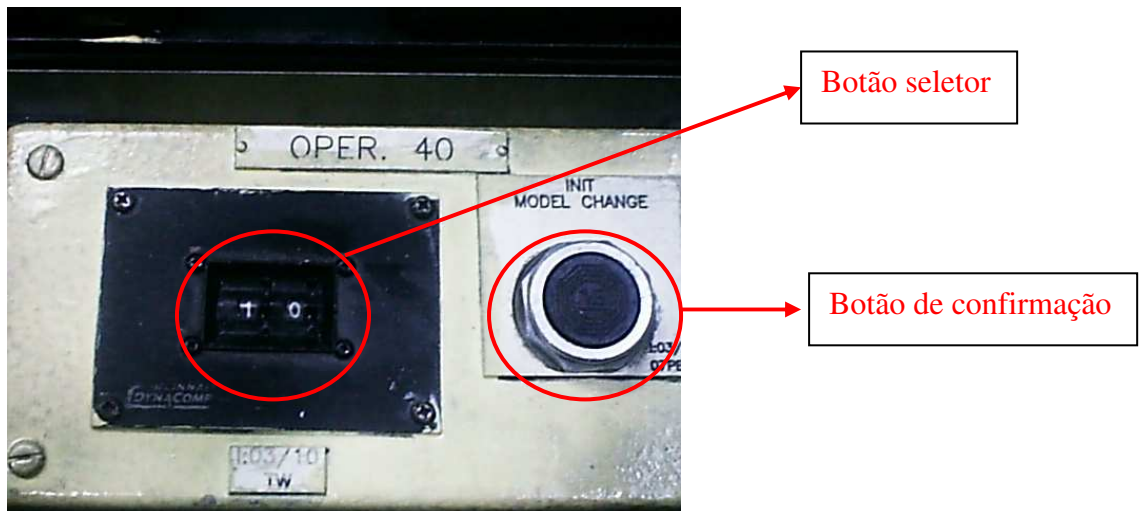


Figura 4.7 – Botão seletor e botão para confirmação

Automaticamente todas as parafusadeiras eletrônicas da célula, terão seus parâmetros alterados, além dos parâmetros de aceitação dos modelos de componentes a serem montados (códigos de barras). Na figura 4.8, temos uma visão do “layout” da célula e a localização de cada um dos itens principais (leitores de código de barras, Parafusadeiras eletrônicas, etc.).

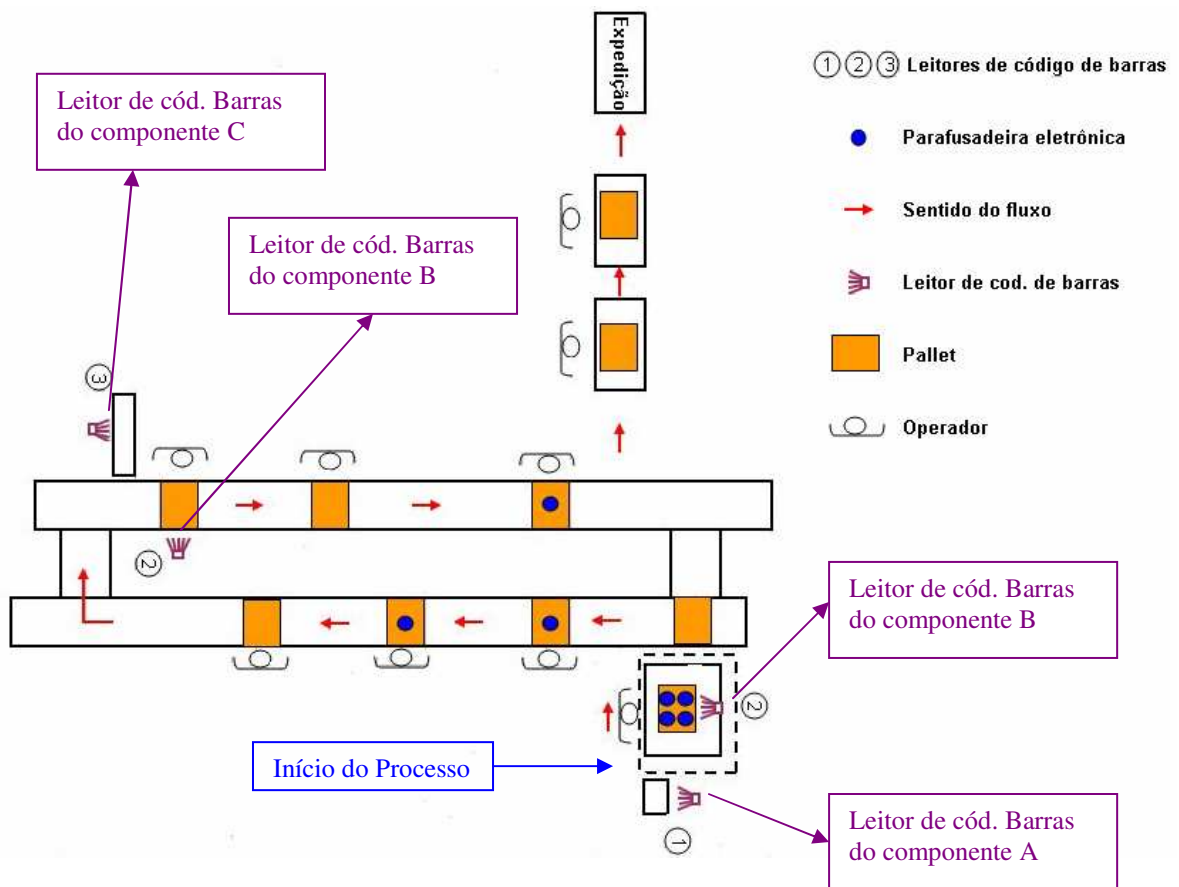


Figura 4.8 – Lay out da célula de manufatura

## Capítulo 5 - Resultados e Discussão

Com a Implantação deste processo de automatização na linha de parafusadeiras, foi possível analisar vários fatores que contribuíram para a melhoria do resultado final, conforme mostrado nos itens seguintes:

### 5.1 – Tempo de “set- up”

Efetuando-se uma análise comparativa entre os tempos de “set-up” decorridos antes e depois da implementação do processo, verificou-se redução nos tempos do “set-up”. O gráfico mostrado na figura 5.1, nos mostra claramente uma redução considerável deste tempo que medido, baixou de aproximadamente 45 minutos para apenas 5 segundos.

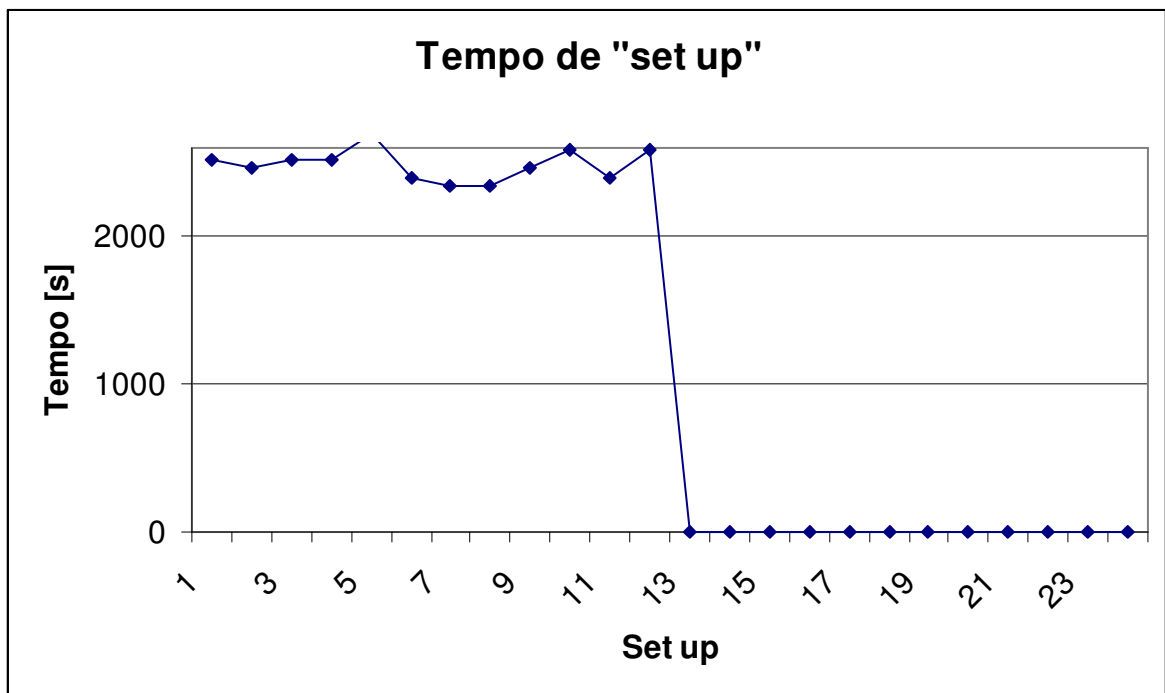


Figura 5.1 – Gráfico do tempo de “set-up” antes e depois

### 5.2 – Eficiência da célula

Antes do início do trabalho de automatização, verificou-se que o maior responsável pela baixa eficiência da célula de manufatura era o tempo de “set-up”, pois ao longo do dia,

eram necessários de 3 a 6 set-ups. No diagrama de pareto ilustrado na figura 5.2, tem-se uma visão dos maiores contribuidores para a baixa eficiência da célula.

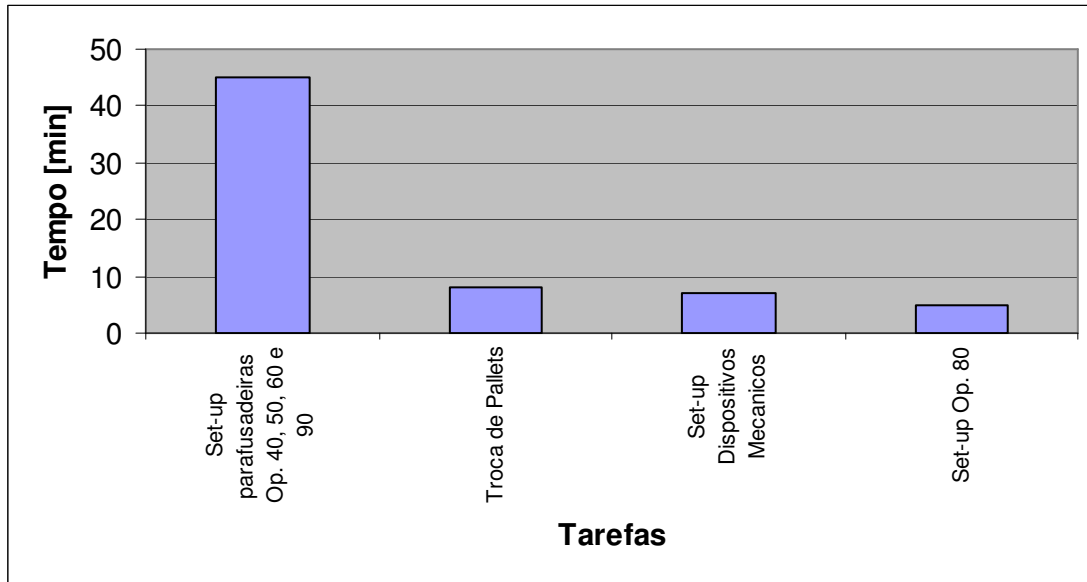


Figura 5.2 – Diagrama de Pareto

Após a realização do trabalho de automatização da linha de parafusadeiras, foi realizado um levantamento comparativo de desempenho da célula antes e depois, onde se nota uma melhora substancial na eficiência da célula, conforme mostrado na figura 5.3 abaixo:

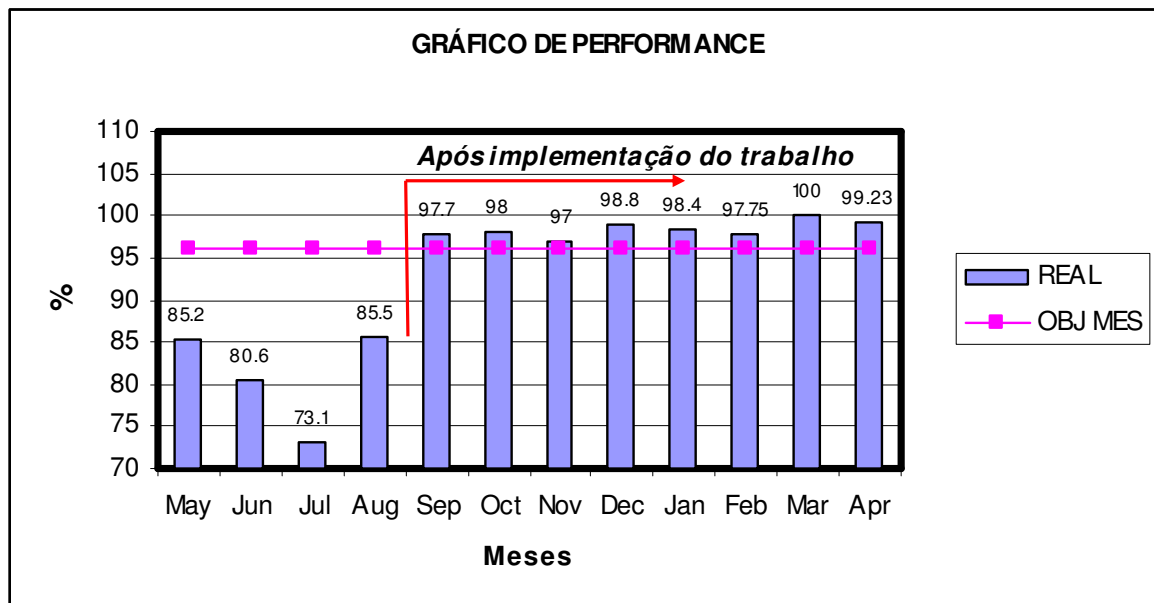


Figura 5.3 – Gráfico de performance da célula de manufatura

### **5.3 – Redução do custo de mão-de-obra**

Durante a execução do trabalho, foram levantados dados relativos ao gasto com mão-de-obra, basicamente temos 2 tipos de mão-de-obra envolvida neste trabalho:

1) Mão-de-obra especializada – Técnicos eletrônicos para a realização do “set-up”. Em média existe a necessidade da execução de 5 “set-ups” por dia de trabalho. Tomando-se por base 50 minutos por “set-up”, chega-se a uma redução de utilização de aproximadamente 4,2 horas por dia, ou seja, disponibilizamos 4,2 horas por dia de um técnico eletrônico para ser aplicado em tarefas mais nobres.

2) Mão-de-obra comum – Operadores da célula. Baseado nos resultados do item 5.2, a eficiência da linha era em média de 80% e para atingir o objetivo da empresa de 96%, existia uma diferença de 16%, ou seja, para atingir o volume de produção necessária de abastecimento de nossos clientes, era necessário se trabalhar em hora extra nos finais de semana ou depois do turno normal de trabalho 16% a mais. Portanto, reduziu-se 16% de mão-de-obra direta nos custos do produto.

### **5.4 – Flexibilidade da célula de manufatura**

Com a implementação desta automação, criou-se uma maior flexibilidade da célula de manufatura, onde a mesma pode produzir qualquer modelo do produto a qualquer momento, ou seja, poderá produzir o modelo correto no momento que for solicitado sem restrições de perda de produção.

### **5.5 – Qualidade e rastreabilidade do produto**

Até a implementação desta automação, não existia dados para rastreabilidade do produto, deixando a empresa vulnerável neste item. Com a introdução dos caracteres nas etiquetas de códigos de barras de cada componente, criou-se condições de armazenamento dos dados das mesmas em nosso sistema. A qualquer momento que for preciso numa eventual dúvida gerada em campo, pode-se consultar quais os componentes foram montados em cada produto. Também garantiu-se que os produtos saiam da empresa com os corretos componentes e os parâmetros de processo, ou seja, de acordo com a especificação de engenharia.

## Capítulo 6 – Conclusão

Com a implementação deste trabalho, foi possível verificar como a automação pode ser útil para um melhor aproveitamento dos recursos dos equipamentos das linhas, que estão disponíveis e que, muitas vezes, são sub-utilizados nos processos industriais. Um exemplo claro disto foi o uso do controlador lógico programável (CLP), que já estava sendo utilizado nesta célula de manufatura, com o qual foi possível um melhor aproveitamento dos recursos disponíveis nas parafusadeiras eletrônicas.

Com a aplicação deste trabalho, recuperou-se a performance da célula de manufatura ao nível de 98%, e conseqüentemente não houve nenhum demérito por atraso ou não entrega do produto ao cliente.

Foi garantido também que nunca haverá parafusos apertados com parâmetros de controle diferentes daqueles determinados para cada modelo em produção. Como este produto é considerado delta invertido ( $\nabla$ ), esta segurança é fundamental para garantir a integridade do produto.

Este é um caso de melhoria de longa duração, pois resgatou o conceito de troca rápida à prova de erros dentro da manufatura. A mudança implementada é segura, pois independe da atenção do operador e é certificada pela comparação entre a escolha do modelo para parafusadeira e o código de barras que identifica as peças que estão sendo montadas, caso haja algo incompatível, o sistema não libera as parafusadeiras, impedindo o operador de realizar uma montagem incorreta. Também proporcionou à empresa a qualquer momento poder consultar, em seu banco de dados, os registros das montagens realizadas. Garantindo assim a rastreabilidade do produto.

## Referências Bibliográficas

- [01] Allegro Micro Systems Inc. Applications information, Application note 27701 B.
- [02] Atlas Copco, Tecnologia do Aperto, CD Interativo Qualidade Assegurada, 2003.
- [03] E. H. Putley, the Hall Effect and semi-conductor, Physics Dover, New York (1968).
- [04] Eduardo Pinto, Sistema Inteligente para Especificação do Aperto Ideal em Operações de Parafusamento, 2005.
- [05] Giovanni Manfè; Rino Pozza; Giovanni Scarato, Desenho Técnico Mecânico, Volume 2.
- [06] <http://pt.wikipedia.org/wiki/Controlador> - acessado em 18/Julho/2006
- [07] <http://www.gestluz.pt> - acessado em 25/Julho/2006
- [08] <http://www.honeywell.com/sensing> - acessado em 31/Julho/2006
- [09] <http://www.imam.com.br> - acessado em 28/Setembro/2006
- [10] [http://www.macoratti.net/cod\\_bar.htm](http://www.macoratti.net/cod_bar.htm) - acessado em 11/Setembro/2006
- [11] <http://tbmcg.com/pt/about> - acessado em 26/Julho/2006
- [12] José Rodrigues de Carvalho; Paulo Luiz Jardim de Moraes, Órgãos de Máquinas Dimensionamento, 3<sup>a</sup>. edição, 1984.
- [13] Karl Hoffmann; An Introduction to Measurements using strain gages, 2-8, 1989.
- [14] Marco Antonio Baptista de Sousa; Sistemas de controle e automação, 2002.
- [15] M. Shimizu, Manual Tecnologia de Fixação, 1-21, 1996.
- [16] Newton C. Braga, O Parafuso e o Macaco (entendendo e calculando), 40-41, artigo publicado na revista Mecatrônica fácil, Ano 3 – nº 16, Maio-Junho/2004.
- [17] Technical Committee ISO/TC 118, International Standard ISO 5393, second edition 1994-05-01
- [18] TOHNICHI Company, Technical Data Manual, 9-65, 1999.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)



[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)