

N. CLASS.	M 620.1
CUTTER	X 3 a
ANO/EDIÇÃO	2015

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS**

**ENGENHARIA MECÂNICA**

**WAGNER MATEUS XAVIER**

**AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA NO PROCESSO DE GRAMPEAMENTO DE  
CAIXAS DE MOLDES EM AREIA VERDE**

**Varginha**

**2015**

**WAGNER MATEUS XAVIER**

**AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA NO PROCESSO DE GRAMPEAMENTO DE  
CAIXAS DE MOLDES EM AREIA VERDE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Esp. Thiago Luís Nogueira Silva.

**Varginha**

**2015**

**WAGNER MATEUS XAVIER**

**AUTOMAÇÃO PNEUMÁTICA NO PROCESSO DE GRAMPEAMENTO DE  
CAIXAS DE MOLDES EM AREIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas – Unis/MG, como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em     /     /

---

Prof. Esp.

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho a todos os professores do UNIS que não medirão esforços para nos passar o conhecimento necessário para sua realização.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado sabedoria e fé, aos meus colegas, professores, a minha família que sempre me deu força para manter-me firme em meus estudos e ao professor Thiago Luís Nogueira Silva pela contribuição na construção deste trabalho.

“Se fracassar, ao menos que fracasse ousando grandes feitos, de modo que a sua postura não seja nunca a dessas almas frias e tímidas que não conhecem nem a vitória nem a derrota.”

Theodore Roosevelt

## **RESUMO**

A metalurgia é a ciência que estuda e gerencia os metais desde sua extração do subsolo até sua transformação em produtos adequados ao uso, ela designa um conjunto de procedimentos e técnicas para extração, fabricação, fundição e tratamento dos metais e suas ligas. O trabalho consiste em um estudo de caso realizado em uma indústria metalúrgica que atua no segmento de fundição em moldes de areia verde, neste processo são utilizadas caixas formadas por pares que são respectivamente tampa e fundo e são grampeadas de modo manual. Esta monografia pretende demonstrar como automação pneumática pode auxiliar na criação de um sistema automatizado para o grampeamento destas caixas de moldes em areia verde já que o processo é feito manualmente e se utiliza dois operadores que trabalham por entre as caixas em movimento aumentando o risco de acidente do trabalho na empresa, o objetivo será automatizar esta função através do uso de atuadores pneumáticos com o propósito de reduzir custos do produto fabricado, melhorar a eficiência no grampeamento reduzindo o índice de refugo e eliminar os riscos de acidentes do trabalho, pois, serão retiradas deste setor e conseqüentemente da folha de pagamento gastos com mãos de obras, reduzindo os custos diretos no meu produto acabado. Depois de executado todo o projeto concluiu-se que foi satisfatória a implantação do sistema, pois com baixo investimento se obteve uma bom retorno e uma boa lucratividade.

Palavras-chave: Fundição. Pneumática. Automação. Segurança no trabalho.

## **ABSTRAT**

*Metallurgy is the science that studies and manages the extraction of metals from their basement until its transformation into products suitable for use, it designates a set of procedures and techniques for extraction, manufacturing, smelting and processing of metals and alloys. The work consists of a case study in a metallurgical industry that operates in the casting segment in green sand molds, this process boxes are used formed by pairs that are respectively lid and bottom and are stapled manual mode. This paper aims to demonstrate how pneumatic automation can help create an automated system for stapling these molds boxes in green sand as the process is done manually and using two operators working through the moving boxes increasing the risk of accident work in the company, the goal will automate this function through the use of pneumatic actuators with the purpose of reducing the manufactured product costs, improve efficiency stapling reducing the scrap rate and eliminate the risks of occupational accidents therefore be withdrawn this sector and consequently payroll hands of works by reducing the direct costs in my finished product. After running the entire project it was concluded that it was satisfied with the system deployment, for low investment is obtained a good return and good profitability.*

*Keyword: Foundry. Pneumatic. Automation. Safety at work.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Ciclo da fundição.....	11
Figura 02 – Aplicação genérica do controlador lógico programavel.....	13
Figura 03 – Estrutura básica do PLC.....	13
Figura 04 – Exemplo de programação em linguagem ladder.....	14
Figura 05 – Compressor de parafuso.....	15
Figura 06 – Impurezas no ar de acordo com o ambiente.....	16
Figura 07 – Classe de pureza de ar comprimido de acordo com a norma DIN ISO 8573-1.....	17
Figura 08 – Unidade de condicionamento de ar.....	17
Figura 09 – Atuadores pneumáticos.....	18
Figura 10 – Válvulas de controle direcional.....	19
Figura 11 – Segurados da Previdência Social com cobertura para acidente do trabalho no Brasil 1997 – 2011.....	20
Figura 12 – Tampa e fundo separada das caixas na linha de moldagem.....	21
Figura 13 – Montagem no fechador do fundo e tampa.....	21
Figura 14 – Grampeamento manual.....	22
Figura 15 – Vazamento do metal liquido em uma caixa de molde.....	23
Figura 16 – Grampo feito manualmente para teste.....	24
Figura 17 – Desenho do projeto do novo grampo no solidworks.....	25
Figura 18 – Desenho do projeto da bucha para o novo grampo no solidworks.....	26
Figura 19 – Desenho do projeto de apoio para o novo grampo no solidworks.....	26
Figura 20 – Pistão pneumático montado com com sua estrutura.....	27
Figura 21 – Sistema de desmoldagem das caixas de molde.....	28
Figura 22 – Sistema de fixação do desgrampeador das caixas de molde.....	28
Figura 23 – Moldes tampa e fundo do grampo de carona com outro item.....	29
Figura 24 – Grampo bruto e usinado.....	29
Figura 25 – Caixas de moldagem levadas para oficina.....	30
Figura 26 – Dispositivo preso na furadeira de bancada.....	30
Figura 27 – Marcando centro de furos com gabarito.....	31
Figura 28 – Furação das caixas e abertura das roscas.....	31
Figura 29 – Caixa com o novo grampo montada.....	32
Figura 30 – Sistema de travamento da ponte de transferência.....	32
Figura 31 – Descarregamento do novo programa da maquina para o PLC.....	33
Figura 32 – Grampeamento das caixas.....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Gastos por caixa de molde para novo grampo.....	34
Tabela 02 – Gastos com sistemas de grampeamento.....	34
Tabela 03 – Investimento com o novo sistema.....	35
Tabela 04 – Gasto com dois operadores no grampeamento por mês.....	35

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Processo de fundição.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Automação industrial.....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Controlador Lógico Programável (PLC).....	12
<b>2.3 Pneumática.....</b>	<b>14</b>
2.3.1 Produção de ar comprimido por compressores Rotativos de Parafuso .....	14
2.3.2 Preparação do ar para ir a um sistema pneumático.....	16
2.3.3 Atuadores pneumáticos.....	17
2.3.3.1 Dimensionamento de um cilindro pneumático.....	18
2.3.4 Valvula de controle direcional.....	19
<b>2.4 Segurança do trabalho.....</b>	<b>19</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Sistema de grampeamento convencional de caixas de moldes .....</b>	<b>21</b>
3.1.1 A importância do grampeamento das caixas.....	22
<b>3.2 Fatores que levaram a elaboração do projeto.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Elaboração e execução do projeto .....</b>	<b>24</b>
3.3.1 Definição dos novos modelos de grampos .....	24
3.3.2 Determinação do grampeador pneumático e do desgrampeador.....	27
3.3.3 Fabricação dos grampos.....	28
3.3.4 Execução do projeto.....	29
3.3.4.1 Processo para montagem do novo grampo nas caixas.....	29
3.3.4.2 Preparação da parte de automação.....	32
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>34</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>36</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O trabalho consiste em um estudo de caso realizado em uma indústria metalúrgica que atua no segmento de fundição em moldes de areia verde, neste processo são utilizados caixas formadas por pares que são respectivamente tampa e fundo, estas contem suas extremidades abertas e no momento da moldagem são separadas para serem colocadas sobre um modelo e logo após ela é completada por cima com areia e compactada com o auxílio de uma prensa para que o molde compactado possa adquirir o formato do modelo fabricado, após este processo esse conjunto tampa e fundo serão extraídos do modelo e unidos novamente para formar a caixa de molde para ser preenchida pelo metal líquido e tomar o formato das peças, porém, estas caixas devem ser grampeadas para que o conjunto não se abra mantendo o metal líquido confinado dentro do molde até se solidificar e depois será retirado o grampo para desmoldar e moldar novamente.

O uso da automação por pneumática pode contribuir na redução de custo na substituição dos operadores em serviços repetitivos realizados manualmente, melhorando a eficiência do grampeamento reduzindo o índice de refugo ocasionado pelo mesmo já que não se tem uma precisão na aplicação de força em cada lado da caixa, pois, cada operador tem um tempo e uma forma de dar as marteladas, também elimina os riscos de acidentes, pois, o processo quando automatizado, os operadores não terão de ficar trabalhando para a realização deste trabalho por entre as caixas em movimento.

## 2. LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Abaixo referencial teórico abordando definições gerais sobre fundição, automação, pneumática, custos e segurança do trabalho.

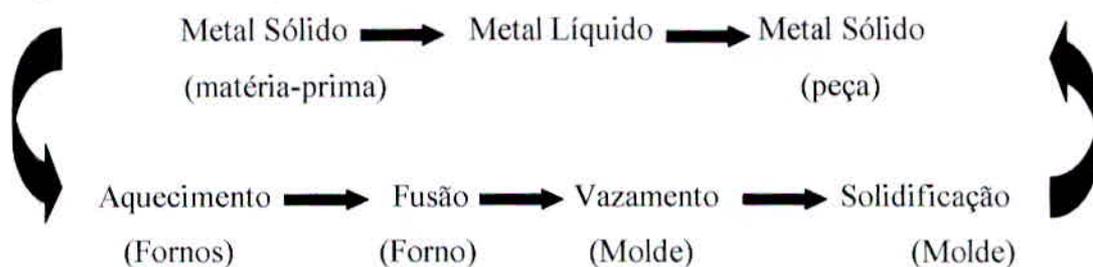
### 2.1 Processo de fundição

Em metalurgia, a fundição segundo Chiaverini (1977) refere-se ao processo de vaziar metal líquido em um molde, que contém uma cavidade com a forma desejada da peça a ser produzida, e depois permitir que a mesma se resfrie e solidifique. A parte solidificada é também conhecida como peça fundida, que é ejetada do molde ou tem o molde quebrado para completar o processo.

Fundição é o processo de conformação mecânica que consiste na fusão do metal ou da liga metálica em fornos próprios e o posterior vazamento do metal líquido em moldes, cuja forma e dimensões internas são as mesmas da peça a ser produzida. O processo de fundição pode ser considerado como o menor caminho entre a matéria-prima e o bem produzido. (FONSECA, 2007a, p. 25).

A figura 1 ilustra o processo de fundição para facilitar o entendimento a qual deve se passar cada peça até que a mesma se encontre no estado sólido.

Figura 1- Ciclo da fundição



Fonte: Fonseca, 2007b.

A fundição é mais frequentemente usada para fazer peças complexas que seriam difíceis ou mais caras de se fazer por outros métodos (CHIAVERINI, 1977).

## 2.2 Automação industrial

A automação pode ser simplificada pelo uso de computadores para se controlar um determinado serviço ou processo, é um sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem. Em seu uso moderno, a automação pode ser definida como uma tecnologia que utiliza comandos programados para operar um dado processo, combinados com retroação de informação para determinar que os comandos sejam executados corretamente, frequentemente utilizada em processos antes operados por seres humanos, é a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão-de-obra em qualquer processo, especialmente o uso de robôs nas linhas de produção (MORAES, 2001).

A palavra *automation* foi inventada pelo *marketing* da indústria de equipamentos na década de 1960. O neologismo sem dúvida sem dúvida sonoro, buscava enfatizar a participação do computador no controle automático industrial.

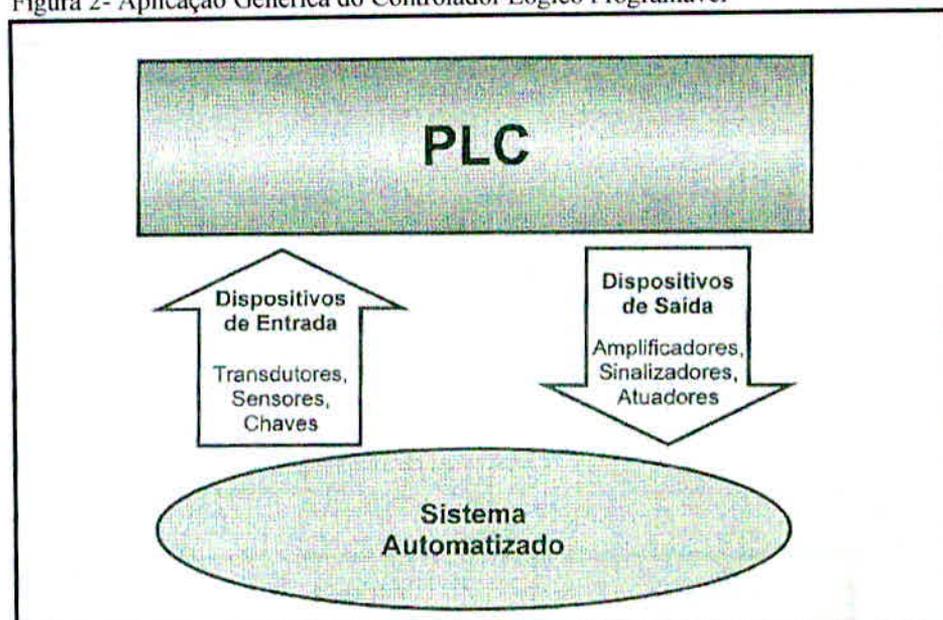
O que significa automação, hoje? Entende-se por automação qualquer sistema, *apoiado em computadores*, que substitua o trabalho humano em favor da segurança das pessoas, da qualidade dos produtos, da rapidez da produção ou da redução de custos, assim aperfeiçoando os complexos objetivos das indústrias e dos servidores. (MORAES, 2001, p. 12).

Para Moraes (2001) a automação trouxe para a empresa uma sequência de benefícios quanto a qualidade, produtividade e segurança no trabalho, já que é possível retirar das mãos de seres humanos serviços expostos a grandes riscos sendo eles físicos ou biológicos.

### 2.2.1 Controlador Lógico Programável (PLC)

Segundo Georgini (2008) a utilização da automação na atualidade não se trata de uma questão de conveniência, mas sim de um meio de se manter e melhorar a sobrevivência profissional em qualquer área, e reforça a importância da formação contínua e da busca pelo conhecimento relacionado aos CLPs.

Figura 2- Aplicação Genérica do Controlador Logico Programável

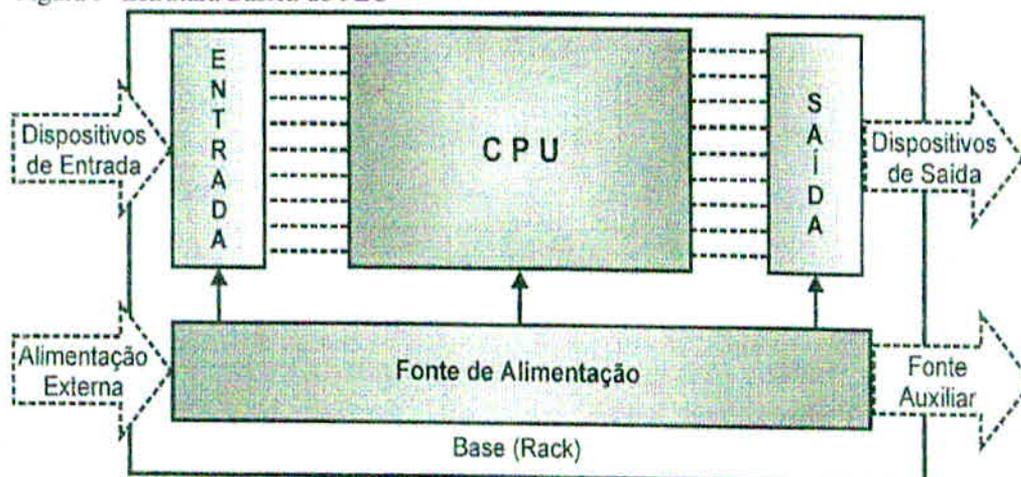


Fonte: Georgini, 2008.

Controlador Lógico Programável é originado da sigla PLC (Programmable Logic Controller), trade-se de um computador industrial com o objetivo de armazenar instruções para implementação de funções de controle, por exemplo: Sequencia lógica, temporização, contagem, etc. Ele tem como fim controlar um sistema automatizado (GEORGINI, 2008).

De acordo com Giorgini (2008) a operação básica do PLC ocorre como se fosse uma varredura, ele vai varrendo o sistema automatizado através dos dispositivos de entradas por exemplo: sensores, chaves, etc, e vai comparando com o que foi programado em sua memória, após esta varredura e comparação ele atualiza os dispositivos de saída.

Figura 3- Estrutura Básica do PLC



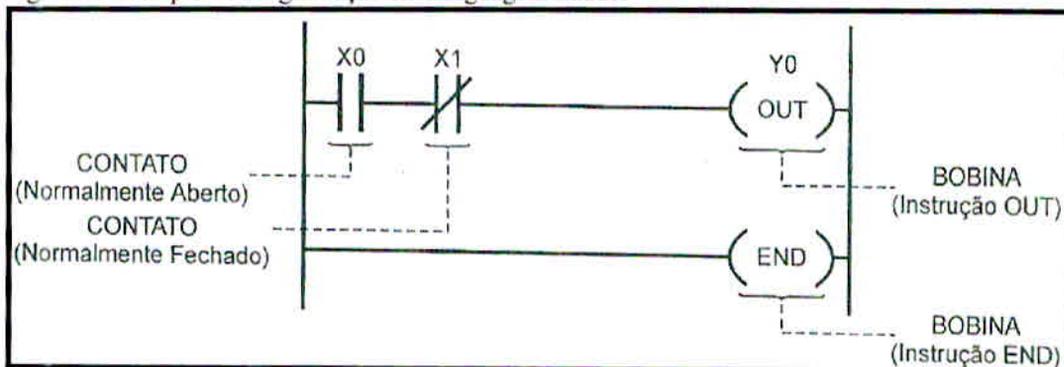
Fonte: Giorgini, 2008.

Para Moraes (2001) quando se realiza uma automação por PLC deve se levar a serio as seguintes considerações:

- Compatibilidade entre instalação elétrica e pontos de E/S;
- Existência de chaves de proteção de hardware;
- Tipo e forma de endereçamento;
- Estrutura das palavras;
- Tipos e formas dos sinais aceitáveis;
- Compatibilidade dos equipamentos eletromecânicos etc.

Para se realizar a programação em um PLC e necessário ter conhecimento da linguagem em ladder, trata-se de uma linguagem gráfica baseada em simbologias que procuram se assemelhar com as existentes nos esquemas elétricos (contatos e bobinas), esta escrita em ladder foi necessária para a aceitação do PLC por engenheiros e técnicos acostumados com o sistema de controle por relés (GEORGINI, 2008).

Figura 4- Exemplo de Programação em Linguagem Ladder



Fonte: Georgini, 2008.

## 2.3 Pneumática

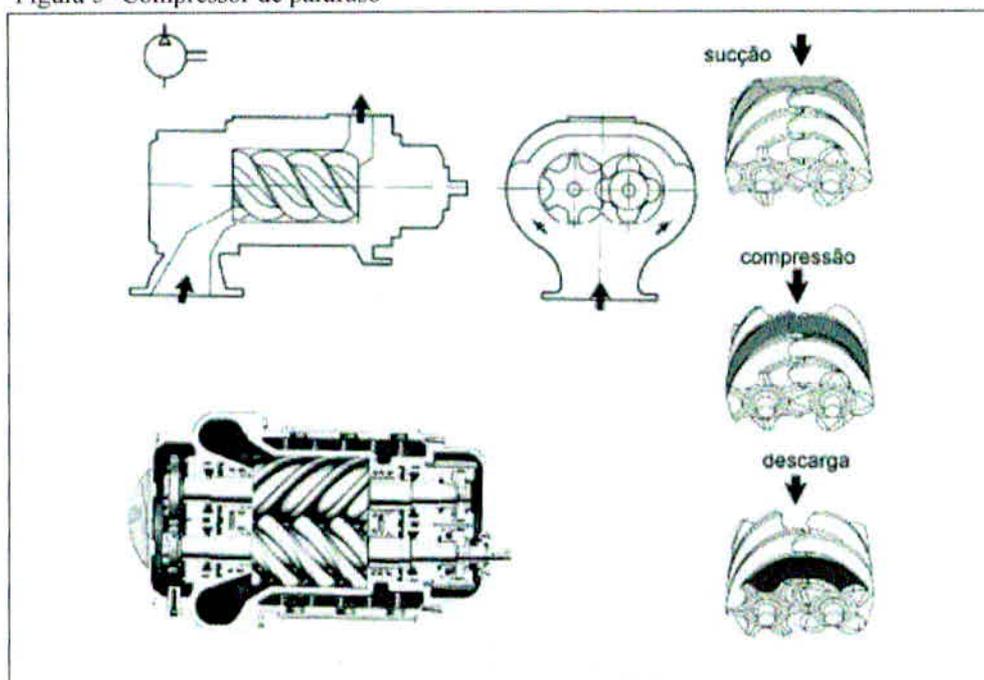
De acordo com Ferreira (2004) pneumática se refere a ciência que trata das propriedades físicas do ar e dos outros gases permanentes.

### 2.3.1 Produção de ar comprimido por compressores Rotativos de Parafuso

Para produção do ar comprimido são necessários compressores. Esses comprimem o ar até a pressão de trabalho desejada. A maioria dos acionamentos e comandos pneumáticos funciona através de uma estação central de distribuição de ar comprimido (PARKER, 2001).

Este compressor é composto de dois parafusos entrelaçados que giram em eixos paralelos dentro de uma carcaça com folgas bastante reduzidas. Os parafusos geralmente têm uma configuração complementar, tipo macho-fêmea. O rotor macho possui lóbulos convexos que correspondem aos pistões. Tendo uma seção transversal em forma de arco circular, estes lóbulos formam hélices ao longo do comprimento do rotor como as cristas de uma rosca. O rotor fêmea correspondente possui sulcos côncavos equivalentes aos cilindros que possuem a mesma seção transversal em forma de arco circular para aceitar o lóbulo do rotor-macho complementar. Ao girar, os rotores produzem um ciclo de três fases. Na primeira fase, sucção, os espaços do “cilindro” passam pela abertura de entrada numa das extremidades da carcaça e são enchidos com ar atmosférico. Quando o espaço entre lóbulos está completamente cheio, a rotação dos “cilindros” faz com que o espaço passe além da abertura de entrada, aprisionando o ar entre o rotor e a carcaça. Ao continuar a rotação, os “cilindros” realizam a fase de compressão. Aqui os lóbulos helicoidais machos ou pistões giram para dentro dos sulcos do rotor fêmea ou cilindros. O ponto de entrelaçamento move-se ao longo do comprimento do rotor, reduzindo progressivamente o volume do ar e conseqüentemente aumentando a pressão. A fase final de descarga ocorre quando o espaço entre lóbulo cheio de ar comprimido chega ao pórtico de saída (PARKER, 2001).

Figura 5- Compressor de parafuso



Fonte: Parker, 2001.

### 2.3.2 Preparação do ar para ir para um sistema pneumático

Na preparação do ar comprimido, uma série de providências deve ser tomada quanto a sua pureza, a presença de partículas estranhas, a água, o óleo, etc. Uma preparação adequada do ar comprimido prolonga a vida útil dos elementos pneumáticos. Portanto, a qualidade do ar comprimido é um fator muito importante a ser observado. Quando a rede de condutores de ar comprimido não é drenada (pelo escoamento da água condensada no interior da tubulação) a água pode causar a corrosão na rede metálica, nos elementos pneumáticos e nas máquinas (PARKER, 2001).

De acordo com BOSCH (2008) no ar existem partículas que o contaminam que são imperceptíveis aos olhos, mas são capazes de interferir no funcionamento seguro do sistema pneumático, tem-se como exemplo em um metro cúbico ( $1\text{m}^3$ ) de ar tais impurezas:

- a) Até 180 milhões de partículas de sujeira, de tamanho entre  $0,01$  e  $100 \mu\text{m}$ ;
- b) De  $5$  a  $40 \text{g/m}^3$  de água na forma de umidade atmosférica;
- c)  $0,01$  a  $0,03 \text{mg/m}^3$  de óleos minerais e hidrocarbonetos;
- d) Resíduos de metais pesados como: cádmio, mercúrio e ferro.

Para Bosch (2008) a norma que contribui na escolha de um elemento para purificar o ar de acordo com o ambiente onde ele está inserido é a norma DIN ISO 8573-1.

Figura 6 – Impurezas no ar de acordo com o ambiente

Ambiente	Média $\text{mg/m}^3$	Limite $\text{mg/m}^3$
Natural	15	50
Cidades	50	100
Área Industrial	100	500
Área de produção	200	900

Fonte: BOSCH (2008)

A norma DIN ISO 8573-1, visa definir as classes de pureza do ar comprimido com referência a tamanho e densidade das partículas, conteúdo de óleo e ponto de vapor da pressão como mostra a figura a figura abaixo:

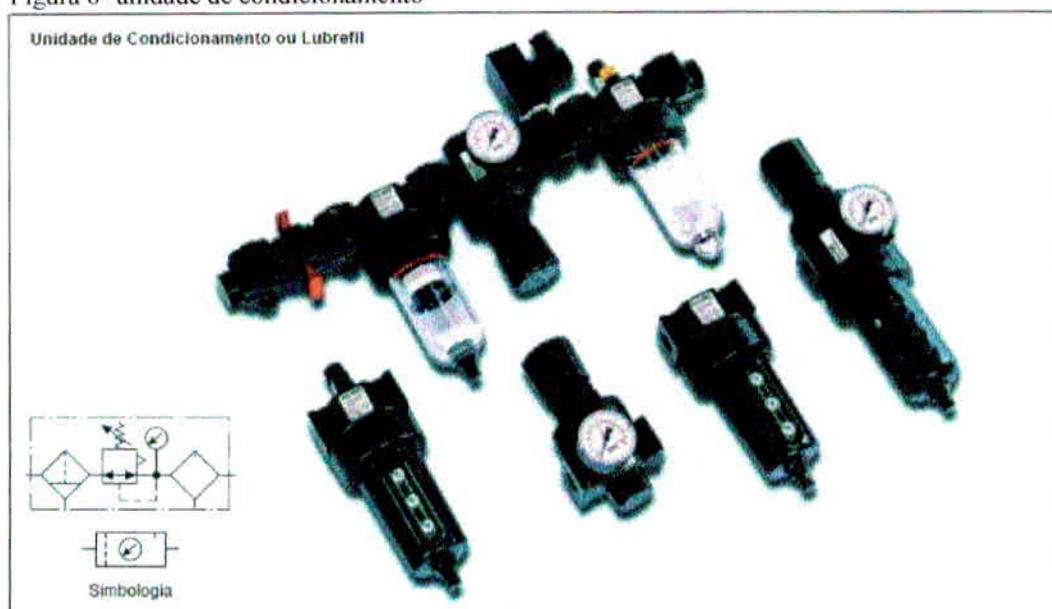
Figura 7- Classe de pureza de ar comprimido de acordo com a norma DIN ISO 8573-1

Classe	Máx. água residual		Máx. pó residual		Máx. óleo contido mg/m <sup>3</sup>
	Água residual g/m <sup>3</sup>	Pressão ponto vapor °C	Concentração de pó mg/m <sup>3</sup>	Tamanho de partículas mg/m <sup>3</sup>	
1	0,003	- 70	0,1	0,1	0,01
2	0,117	- 40	1	1	0,1
3	0,88	- 20	5	5	1
4	5,953	+ 3	8	15	5
5	7,732	+ 7	10	40	25
6	9,356	+ 10	-	-	-

Fonte: (BOSCH, 2008).

Depois de preparado no compressor o ar ainda necessita de ser preparado para entrar em contato com os componentes e atuadores pneumáticos para isto e necessário uma unidade de condicionamento normalmente conhecida por lubrefil que tem por função filtrar, lubrificar e regular a pressão de trabalho do ar comprimido para o equipamento em uma determinada localidade (PARKER, 2001).

Figura 8- unidade de condicionamento



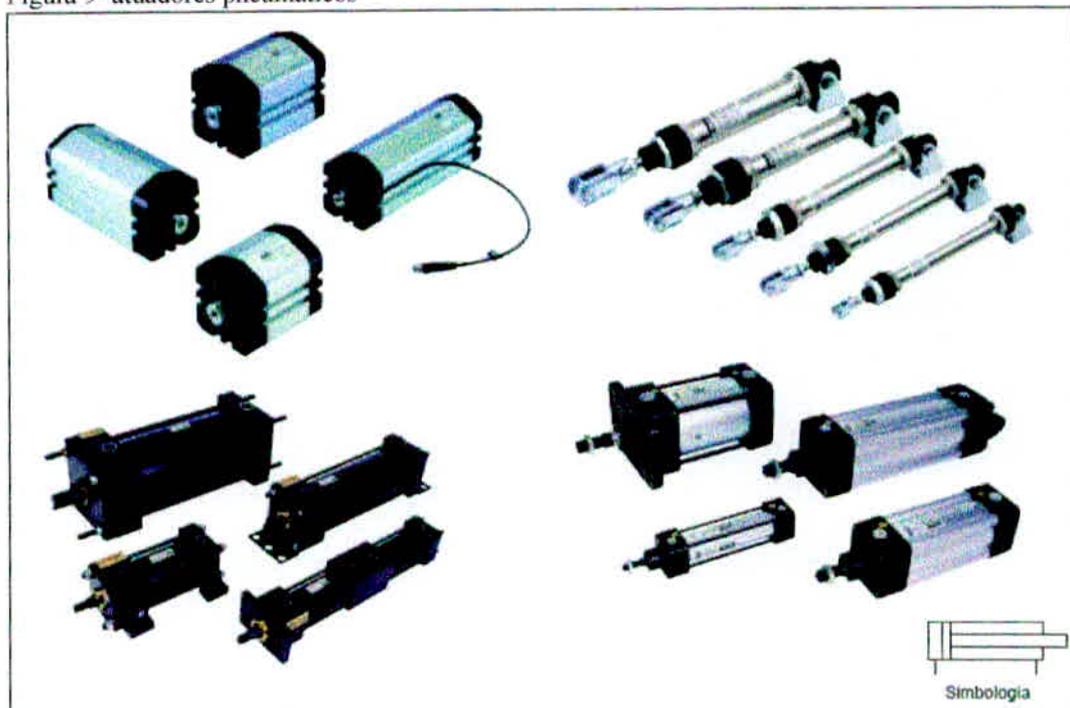
Fonte: Parker, 2001.

### 2.3.3 Atuadores pneumáticos

São equipamentos que convertem a energia de pressão em energia mecânica, por isto também chamado de conversores de energia. Quando se sabe a intensidade de uma força e o tipo de aplicação para o qual será desempenhado pelo atuador (dentre os tipos de movimentos estão os movimentos lineares, rotativos e oscilantes), consegue-se dimensionar o atuador que

ira converter a energia de pressão contida no ar comprimido em energia mecânica desenvolvendo um trabalho (PARKER, 2001).

Figura 9- atuadores pneumáticos



Fonte: Parker, 2001

### 2.3.3.1 Dimensionamento de um cilindro pneumático

Um cilindro pneumático é um conversor de energia que executa seu trabalho linearmente. Para que se possa dimensionar um cilindro pneumático é necessário conhecer algumas variáveis como pressão de trabalho e força a ser aplicada pelo atuador, utilizando o princípio de Pascal. Estas variáveis aplicadas na fórmula, gera uma área que possibilitara a escolha do pistão indicado para tal trabalho (PARKER, 2001).

$$P = \frac{F}{A}$$

Onde no sistema internacional (SI):

P: pressão [N/m<sup>2</sup>]

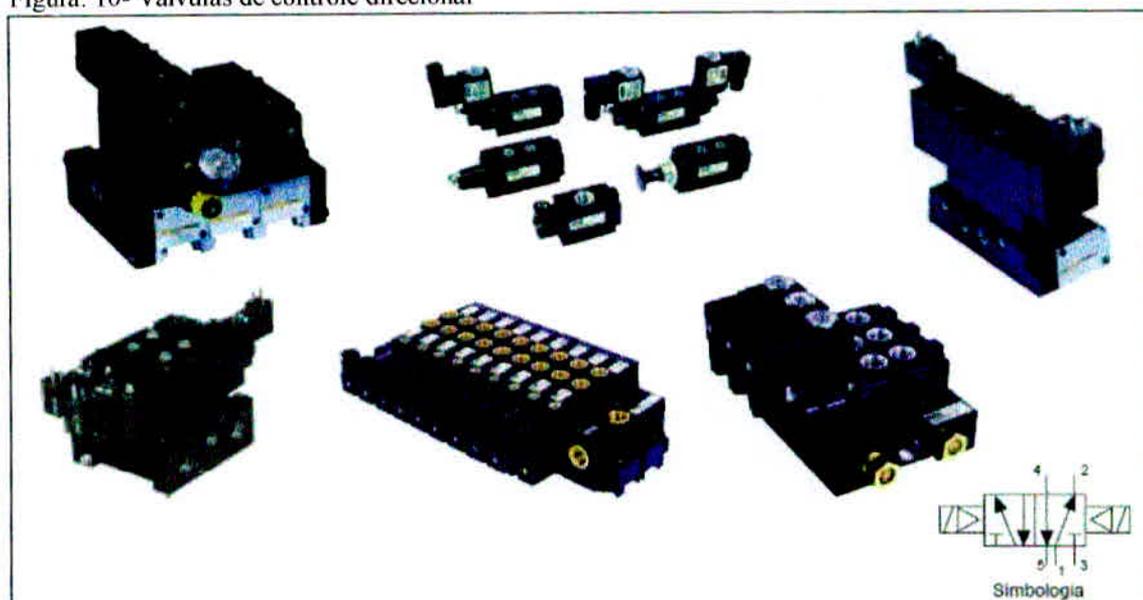
A: Área [m<sup>2</sup>]

F: Força [N]

### 2.3.4 Válvulas de controle direcional

De acordo com Parker (2001) as válvulas de controle direcional são componentes que orientam o fluxo de ar comprimido para que um atuador, para que ele possa executar o seu trabalho. As válvulas de controle direcionais geralmente são comandadas por ar comprimido, acionamento mecânico e também por acionamento elétrico. São de extrema importância pois elas dão vida aos atuadores.

Figura: 10- Válvulas de controle direcional



Fonte: Parker (2001).

## 2.4 Segurança do trabalho

De acordo com BRASIL (2015), atualmente, segurança no trabalho é um tema trabalhado e disseminado em todo o mundo, ultrapassando fronteiras, mesmo que ainda em estágios diferentes em cada local. Independentemente do porte da organização, este assunto é destaque na rotina de qualquer empresa visto que a responsabilidade social e a preocupação com o bem estar dos funcionários e de seus familiares são assuntos muito discutidos atualmente. Frequentes ocorrem casos em que durante a execução dos trabalhos, as pessoas são obrigadas a acessar áreas de risco das máquinas, seja no instante de alimentar e retirar as peças, para proceder à limpeza, ou na manutenção. Nestes momentos é que a segurança do operador deverá estar garantida. Cada vez mais se constata a necessidade de criar ações e instalar dispositivos que atuem de forma preventiva na ocorrência de acidentes, mecanismos

estes que atuem de forma inteligente junto ao processo, a fim de propiciar redução nas condições inseguras do trabalho e na redução dos riscos de acidentes.

Segue abaixo partes das normas NRs 12 e 13 que foram levadas em consideração no desenvolvimento do grampeador automático:

12.1 Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos, e ainda à sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis.

17.1. Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente.

Para BRASIL (2015), os agravos à saúde do trabalhador no Brasil apresentam grande relevância e tem desafiado as políticas públicas e a atuação do Estado, exigindo uma ação mais ampla e coordenada, de modo a reduzir os danos aos trabalhadores, ao orçamento da Seguridade Social e à economia do país. Para facilitar a visualização da importância da segurança do trabalho vejamos os a figura 11:

Figura: 11- Segurados da Previdência Social com cobertura para acidentes do trabalho no Brasil 1997-2011.

<b>Ano</b>	<b>Brasil</b>
1997	16.689.434
1998	18.774.351
1999	18.418.461
2000	17.931.921
2001	21.165.963
2002	22.315.820
2003	22.875.514
2004	24.279.923
2005	25.820.194
2006	26.576.095
2007	29.306.639
2008	32.107.550
2009	33.083.740
2010	35.841.981
2011	38.472.287

Fonte: Brasil (2015)

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Sistema de grampeamento convencional de caixas de moldes

Primeiramente as caixas de molde moldes são separadas em tampa e fundo para serem moldadas pela maquina como mostra a figura a seguir:

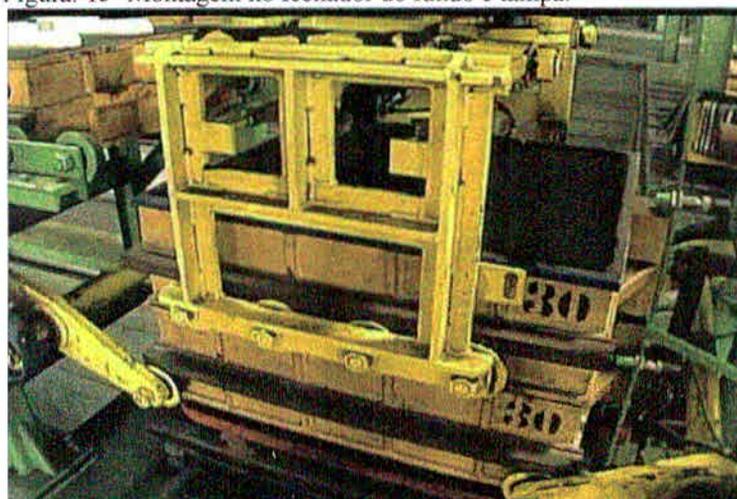
Figura: 12- Tampa e fundo separada das caixas separadas na linha de moldagem.



Fonte: Autor

Após serem moldadas elas são encaminhadas para o sistema de fechamentos de caixas da maquina onde primeiramente desse o fundo e logo após a tampa, formando uma caixa de molde pronto para ser grapiada como mostra a figura 13:

Figura: 13- Montagem no fechador do fundo e tampa.



Fonte: Autor

O processo de grampeamento convencional consiste em manter tampa e fundo bem unidos para que durante o vazamento (momento em que o metal líquido vai ser introduzido no molde) o metal não saia pelas laterais da caixa. A figura 14 mostra como é feito o grampeamento pelo processo manual:

Figura: 14- Grampeamento manual.



Fonte: Autor

O grampo é colocado entre os apoios do fundo e tampa e logo após os operadores batem com o martelo de borracha para fazer a fixação para o vazamento.

### 3.1.1 A importância do grampeamento das caixas

O grampeamento é de grande importância em uma empresa de fundição, pois quando o metal é introduzido na caixa de molde ele gera uma pressão interna e esta visa levantar a tampa, ocasionado vazamento de metal entre as bordas. Quando ocorre este problema de vazar pelas laterais geram grandes perdas para empresa, pois é necessário parar a produtividade para retirar as peças que se formam pelo metal caídas pela linha de vazamento pois em temperatura ambiente ele se solidifica rápido e na maioria dos casos estas retiradas são demoradas. A figura 15 demonstra um operador executando o vazamento em uma caixa de molde:

Figura: 15- Vazamento do metal liquido em uma caixa de molde.



Fonte: Autor

### 3.2 Fatores que levaram a elaboração do projeto

O ponto primordial do projeto refere-se a segurança dos operadores, já que os mesmos tinham que transitar por entre as caixas em movimento para executar tal operação. A colocação dos grampos e também a sua retirada era feita manualmente e as caixas se movimentavam automaticamente, o que se exigia uma grande atenção dos operadores, isto já ocasionou alguns acidentes na empresa, gerando afastamento do funcionário e apesar do acidente a empresa ficava com seu quadro de funcionários desfalcado.

Outro ponto também levado em consideração foi a redução do custo de produção já que vivemos em um mercado globalizado cada vez mais competitivo, para se realizar o grampeamento era necessário dois operadores por turno de trabalho.

Garantir um grampeamento suave á caixa de molde é um fator de grande importância já que o molde por ser confeccionado em areia verde prensada, torna-se um material muito frágil a impacto.

E para atender a estes requisitos nada mais indicado do que a automação, que vem no intuito de minimizar os riscos dos trabalhadores e aumentar a produtividade, ainda com baixo investimento e possível reduzir boa parte dos custos de produção, e também permite ter maior controle sobre o processo.

### 3.3 Elaboração e execução do projeto

Para que se fosse possível realizar esta alteração na máquina foram realizadas várias etapas no qual se encontrará nestes tópicos a seguir:

#### 3.3.1 Definição dos novos modelos de grampos

Para definir o tipo de modelo de grampo foi feito um estudo de observação do funcionamento da máquina por um período de tempo, pois, existiam várias incógnitas que deveriam ser levadas em consideração, como por exemplo:

- a) Como os grampos seriam colocados e retirados automaticamente?
- b) Se os grampos fossem fixados nas caixas, qual o melhor lugar, para que se pudesse percorrer todo ciclo sem interferir no funcionamento, já que a maquina é toda monitorada por sensores?
- c) Qual a maneira para grampear e depois desgrampear a caixa?
- d) No momento da moldagem a caixa tem contato com o porta ferramental do modelo, o grampo não atrapalharia o processo de moldagem?

Estes levantamentos foram criteriosamente avaliados e concluiu-se que o novo grampo deveria ter o seguinte formato:

Figura: 16- Grampo feito manualmente para teste.

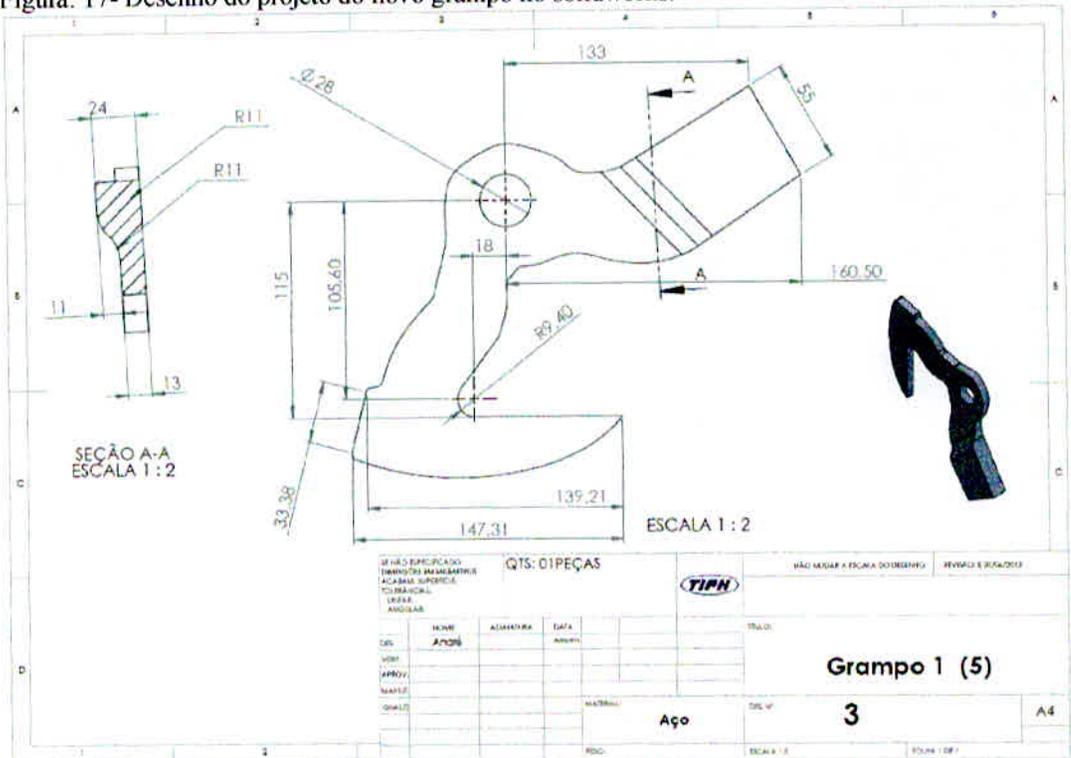


Fonte: Autor

Depois de analisar todas as variáveis acima este modelo foi montado em uma das caixas de molde para entrar em circulação na maquina sobre supervisão do técnico responsável, para acompanhar possíveis falhas.

Com o êxito do experimento realizado por dois meses (tempo necessário para avaliar o comportamento com distintos modelos, já que se encontrava uma grande variedade de modelos geometricamente diferenciados), foi dado andamento no desenho do grampo automático para elaborar o modelo para ser produzido pela empresa:

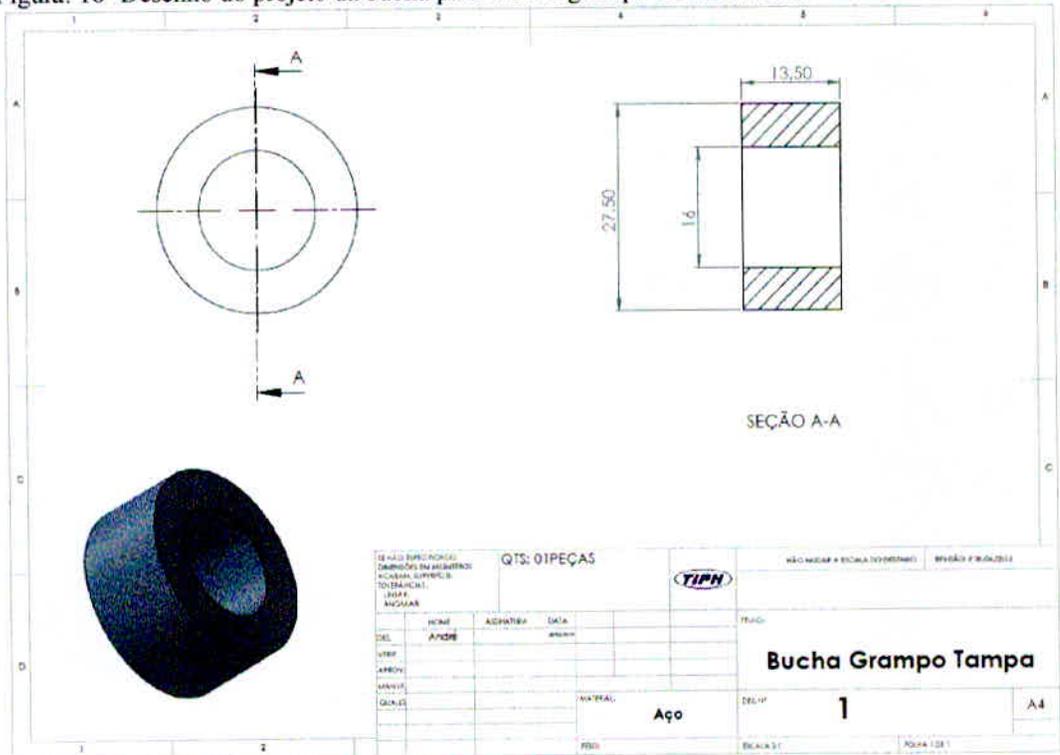
Figura: 17- Desenho do projeto do novo grampo no solidworks.



Fonte: Autor

Para que o grampo fosse fixado por parafuso na caixa seria necessário que ele ficasse de uma maneira articulada para executar o movimento para o grampeamento, para isto foi desenvolvido um projeto de uma bucha de aço para fixar o grampo na caixa e manter o movimento livre de articulação do grampo, como mostra a figura 18:

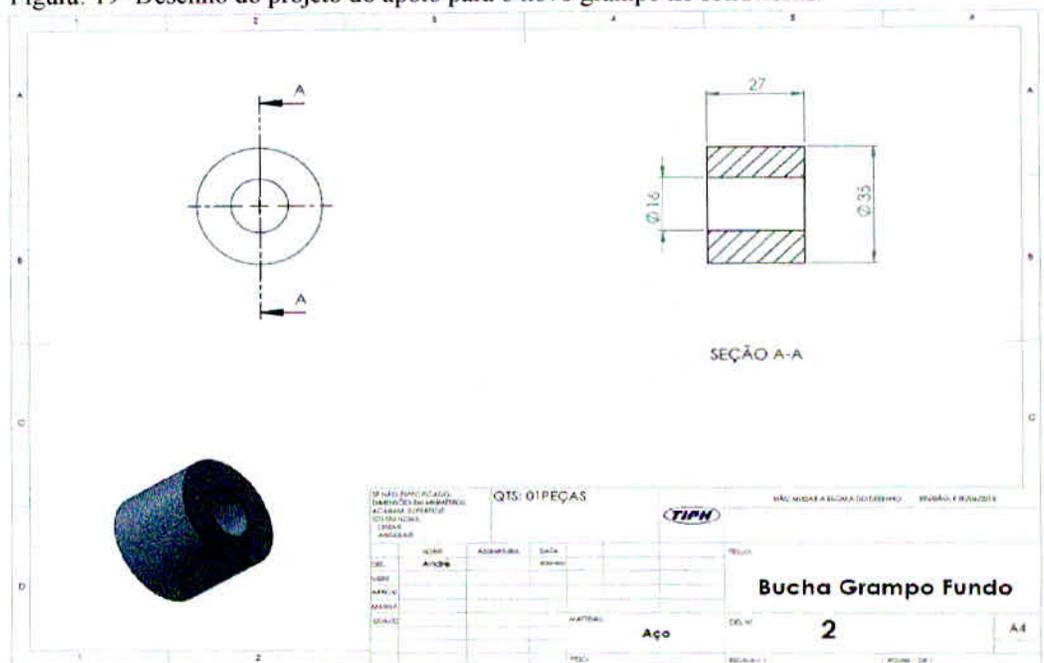
Figura: 18- Desenho do projeto da bucha para o novo grampo no solidworks.



Fonte: Autor

Na parte do fundo da caixa também era necessário um apoio para que o novo grampo se apoiasse para realizar a fixação, para isto foi desenvolvido um componente de aço para que o grampo desempenhasse seu papel. A figura 19 mostra o desenho deste apoio para ser parafusado no fundo da caixa de moldagem:

Figura: 19- Desenho do projeto do apoio para o novo grampo no solidworks.



Fonte: Autor

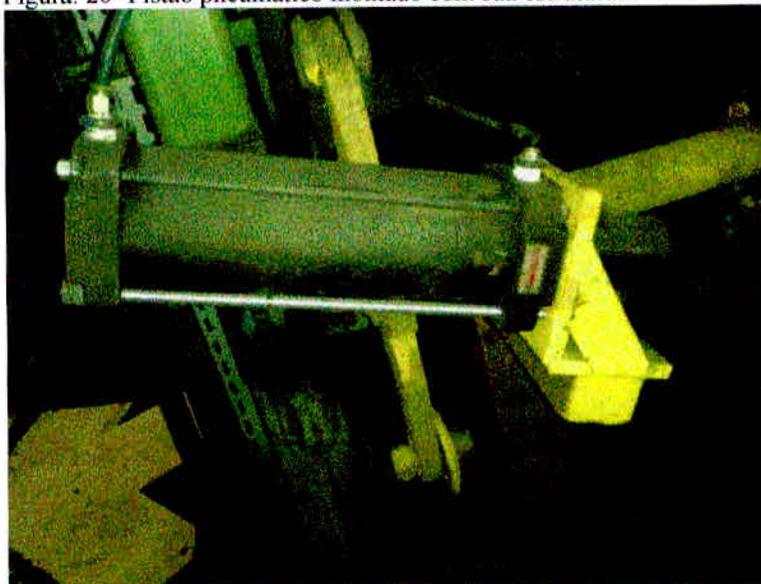
### 3.3.2 Determinação do grampeador pneumático e do desgrampeador

Para que se realizasse o processo de grampeamento, foi determinado que se usasse um pistão pneumático, pois atenderia o que estava sendo solicitado pelo projeto e também devido a seu baixo custo para investimento.

Para dimensionamento deste pistão pneumático utilizou-se a fórmula referente ao item 2.3.3.1 (dimensionamento de um cilindro pneumático), já que se tinha conhecimento das forças solicitadas pelo grampeamento e a pressão de trabalho do compressor.

Definido o pistão, começou a pré-montagem do cilindro aos finais de semana para que não atrapalhasse a produtividade durante a semana.

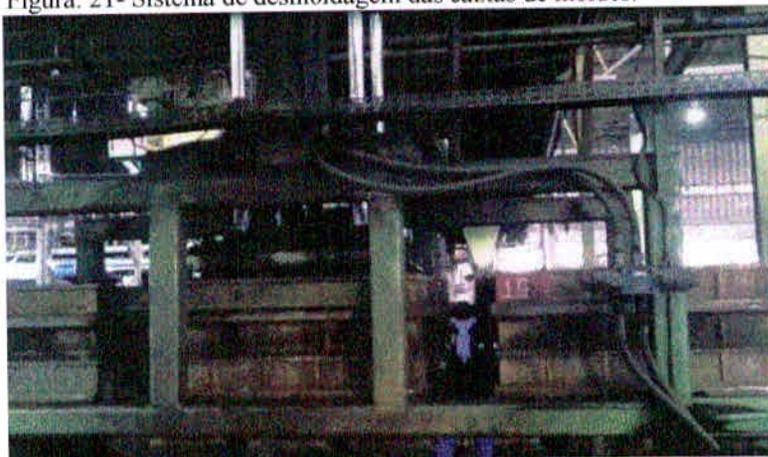
Figura: 20- Pistão pneumático montado com sua estrutura.



Fonte: Autor

Foi também necessário a construção de um sistema para desgrampear as caixas, para isto foi aproveitado o movimentos do sistema de desmoldagem (elemento que força a areia com a peça contida na caixa a cair em uma peneira vibratória) para realizar o desgrampeamento como na figura 21:

Figura: 21- Sistema de desmoldagem das caixas de moldes.



Fonte: Autor

O dispositivo foi fixado em uma das hastes guias do cilindro de desmoldagem para realizar o desgrampeamento dos grampos para serem separados tampa e fundo e moldado novamente.

Figura: 22- Sistema de fixação do desgrapeador das caixas de moldes.



Fonte: Autor

### 3.3.3 Fabricação dos grampos

Tendo definido o projeto do novo grampo, foi realizada a construção de um modelo a ser colocado em produção para ser emplacado de carona com outro modelo, fabricando a quantidade de moldes necessária para atender ao projeto. Na figura 23 é mostrado os moldes de tampa e fundo do grampo:

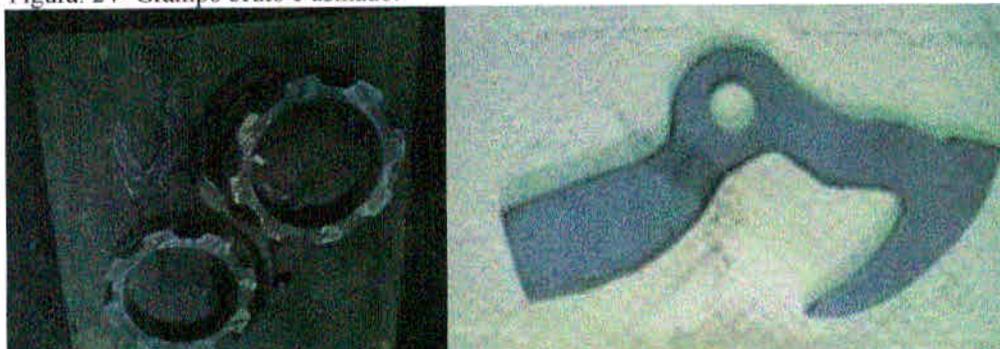
Figura: 23- Moldes tampa e fundo do grampo de carona com outro item.



Fonte: Autor

Depois de moldadas e realizarem o vazamento nos moldes as caixas serão desmoldadas, os grampos serão desmembradas do canal de alimentação, jateada para limpeza da areia que fica na sua superfície devido ao processo de fundição em areia verde e usinada em uma fresa CNC, seguindo as dimensões conforme o projeto.

Figura: 24- Grampo bruto e usinado.



Fonte: Autor

### 3.3.4 Execução do projeto

Depois de tudo preparado e através de reuniões com o diretor e o coordenador de manutenção da empresa foi determinada uma data com duração de uma semana para a execução do projeto em questão.

#### 3.3.4.1 Processo para montagem do novo grampo nas caixas

Para a execução do projeto na data prevista foram levadas todas as caixas da linha de produção para a oficina, com o objetivo de furar e abrir roscas para fixação do grampo na tampa e do apoio na parte do fundo.

Figura: 25- Caixas de moldagem levadas para oficina.



Fonte: Autor

Para executar as furações nas caixas foi construído um dispositivo em uma furadeira de bancada para apoiar as caixas no momento da furação e garantir que o furo se mantenha perpendicular ao plano da face da caixa.

Figura: 26- Dispositivo preso na furadeira de bancada.



Fonte: Autor

Para garantir a melhor precisão possível para manter a furação com a mesma distância entre centros foi elaborado um gabarito, ele era colocado na quina da caixa com um ponto de apoio específico e depois com um riscador eram marcados os centros dos furos.

Figura: 27- Marcando centro de furos com gabarito.



Fonte: Autor

Após a marcação a caixa era separada, tampa e fundo eram levados para a furadeira para fazer o processo de furação, após serem furados eram feito o processo de aberturas de rosca.

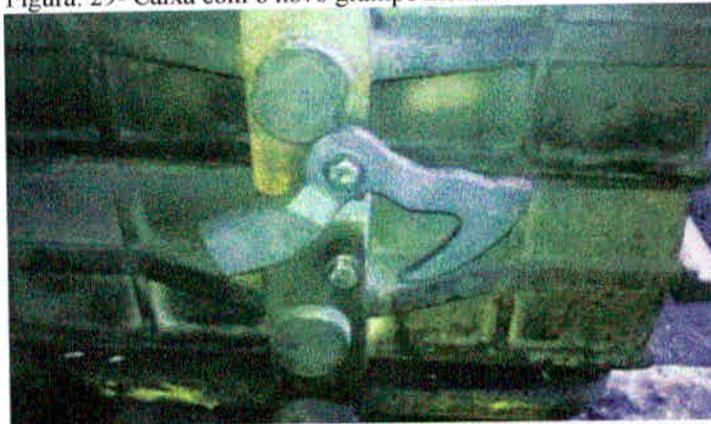
Figura: 28- furação das caixas e aberturas de roscas.



Fonte: Autor

Tendo a abertura de rosca preparadas começava a instalação dos grampos em cada caixa, após serem montados os grampos, as caixas retornavam para a linha de moldagem para serem colocadas na máquina novamente.

Figura: 29- Caixa com o novo grampo montada.

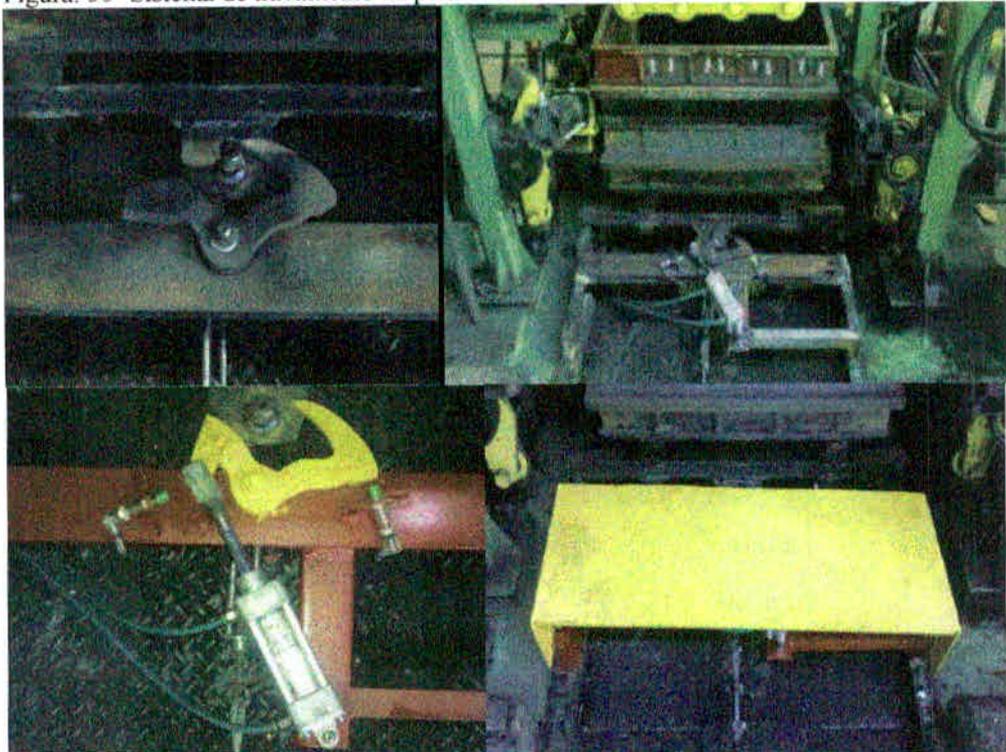


Fonte: Autor

### 3.3.4.2 Preparação da parte de automação

Para que no momento do grampeamento a ponte de transferência de caixa não se movesse foi criado um sistema de travamento para este fim, com uma estrutura com perfis de aço, com um atuador pneumático e foi utilizado um dos grampos também como travamento da ponte.

Figura: 30- Sistema de travamento da ponte de transferência.



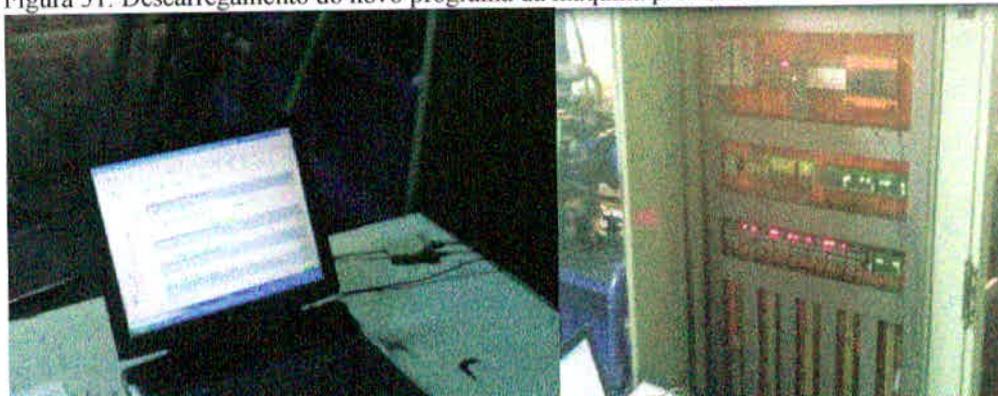
Fonte: Autor

Para que todo o sistema pudesse trabalhar corretamente foram instalados quatro sensores indutivos para endereçamento de entrada para o PLC, com a seguinte descrição:

- Sensor 1- Informar que a ponte estava travada;
- Sensor 2- Informar que a ponte estava livre;
- Sensor 3- Informar o momento de avançar os grampeadores;
- Sensor 4- Informar o momento de retornar os grampeadores pneumáticos;

Para orientar a movimentação dos pistões pneumáticos da trava da ponte de transferência e dos grampeadores foram utilizadas duas válvulas direcionais 5/2 vias comandadas por solenoide e retorno por mola, utilizando respectivamente duas saídas do PLC. Para o sistema de acionamento de emergência não foi necessário mais uma entrada já que a máquina já dispunha deste, somente foi adicionado no esquema de programação em ladder do PLC. Estando pronto o programa da máquina com as alterações necessárias foi descarregado na máquina através de um computador.

Figura 31: Descarregamento do novo programa da máquina para o PLC.



Fonte: Autor

Depois do programa descarregado na máquina e as caixas de moldes todas na linha de moldagem com os novos grampos, iniciou-se os testes para ajustes finais. Na imagem 32 é possível entender como será realizado o novo grampeamento, quando a caixa é colocada no carrinho sobre a ponte o cilindro avança forçando o grampo a fixar tampa e fundo.

Figura 32: grampeamento das caixas.



Fonte: Autor

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a questão da segurança no trabalho os resultados foram satisfatórios, pois a retirada do funcionário da região de risco foi obtida com sucesso.

Para analisar-se o ponto de vista econômico para concluir se foi viável ou não, realizou-se o seguinte comparativo entre o processo anterior e o atual. A seguir serão discriminados os gastos realizados na instalação do projeto em relação às caixas de moldes:

Tabela 01- Gastos por caixa de molde para novo grampo

<b>Elemento</b>	<b>Preço unidade (RS)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor total (RS)</b>
Grampo Bruto	9,75	2	19,5
Usinagem do grampo	8,50	2	17,00
Bucha de apoio	5,00	2	10,00
Bucha do grampo	6,50	2	13,00
Parafuso de fixação	1,50	4	6,00
Arruelas lisas	0,35	4	1,40
<b>Total</b>			<b>66,90</b>

Fonte: autor

Em toda maquina são utilizadas 72 caixas, multiplicando a quantidade de caixas pelo preço unitário de cada modificação tem-se o valor de RS4 816,80 .

A seguir despesas para montagem do sistema de grampeamento:

Tabela 02- Gastos com sistemas de grampeamento.

<b>Elemento</b>	<b>Preço unidade (RS)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor total (RS)</b>
Pistão pneumático grampeador	850,00	2	1700,00
Pistão pneumático trava ponte	350,00	1	350,00
Válvula pneumática direcional 5/2	150,00	2	300,00
Sensor indutivo	80,00	4	320,00
Batentes dos grampeadores	25,00	2	50,00

Cabos elétricos	460,00	1	460,00
<b>Total</b>			<b>3 180,00</b>

Fonte: Autor

Somando os valores da montagem dos grampos com os gastos da montagem do sistema, tem-se o seguinte investimento:

Tabela 03- Investimento com o novo sistema.

Gastos com 72 caixas de molde para novo grampo	RS4 816,80
Gastos com sistemas de grampeamento.	RS3 180,00
<b>Total</b>	<b>RS 7 996,80</b>

Fonte: autor

Sabe-se que são utilizados dois operadores para desempenhar tal função, e que o valor mensal de cada um com os encargos sociais fica em média RS2 160,00. Então dois funcionários por turno tem-se os seguintes gastos:

Tabela 04- gastos com dois operadores no grampeamento por mês.

Valor por operador no grampeamento	RS2 160,00
<b>Gasto com dois operadores</b>	<b>RS4 320,00</b>

Fonte: autor

Levando em consideração o investimento total do projeto dividido pela despesa mensal com os dois funcionários obtém-se o tempo que levará para pagamento do projeto:

$$\text{Tempo gasto para pagar: } \frac{\mathbf{RS\ 7\ 996,80}}{\mathbf{RS4\ 320,00}} = \mathbf{1,85\ \text{mês}}$$

Levando em consideração o ponto de vista econômico o resultado foi extraordinário, pois em menos de dois meses o investimento será pago. Na empresa, nesta mesma época estava abrindo um setor de rebarbação de peças e seria necessário realizar sete contratações, estes dois funcionários foram remanejados para tais funções, necessitando assim a empresa de contratar apenas cinco novos funcionários.

## 5. CONCLUSÃO

A automação pneumática tem sido nos últimos tempos uma das grandes aliadas das empresas, pois, sua utilização abrange vários pontos positivos, principalmente quando se trata de movimentos repetitivos, pois com o mercado cada vez mais competitivo e globalizado, as organizações tem que sempre estar sempre ligadas a melhorias e reduções de custos, mantendo sempre em foco a qualidade do produto fabricado e a segurança de seus colaboradores.

Foi de suma importância a execução do trabalho em equipe na preparação de todo o projeto, sem o qual não se teria êxito no cumprimento do prazo proposto, o bom entrosamento da equipe no decorrer do prazo foi extraordinário, pois, não se chega a lugar nenhum sozinho.

O projeto foi de grande valia para a empresa pois com um relativamente baixo investimento se obteve um ótimo retorno, não somente em aspectos econômicos mas também em relação a saúde de seus colaboradores e ao ganho de duas mãos de obras, que foram destinadas a outros setores que necessitavam das mesmas dentro do ramo produtivo da empresa.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. **Estratégia Nacional para Redução dos Acidentes do Trabalho 2015- 2016.**

Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015. Disponível em:

<<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080814D5270F0014D71FF7438278E/Estrat%C3%A9gia%20Nacional%20de%20Redu%C3%A7%C3%A3o%20dos%20Acidentes%20do%20Trabalho%202015-2016.pdf>>. Acesso em: 20 set.2015.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego. NR 12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015. Disponível em:

<[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A4DA189CA014E505FF4496DF0/NR-12%20\(atualizada%202015\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A4DA189CA014E505FF4496DF0/NR-12%20(atualizada%202015).pdf)>. Acesso em: 13 set.2015.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego. NR 17 – Ergonomia.** Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015. Disponível em:

<[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr\\_17.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEFBAD7064803/nr_17.pdf)>. Acesso em: 13 set.2015.

BOSCH. **Tecnologia de ar comprimido.** Campinas, 2008.

CHIAVERINI, Vicente. **Tecnologia Mecânica.** 2 ed. – São Paulo: McGraw-Hill, 1986. v. 2.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário de Português.** São Paulo: Positivo, 2004.

FONSECA, Marco Túlio. **Formação de defeitos em peças de ferro fundido cinzento e nodular.** Itaúna: Senai Dr. MG/Cefet, 2007a.

FONSECA, Marco Túlio. **Metalurgia dos ferros fundidos cinzento e nodulares.** Itaúna: Senai Dr. MG/Cefet, 2007b.

GEORGINI, Marcelo. **Automação Aplicada: Descrição e Implementação de Sistema Sequenciais com PLCs.** 9. ed. São Paulo: Erica, 2008.

ISO. **International Organization for Standardization. DIN ISO 8573-1:2010 –**

Compressed air: Part. 1 Contaminants and purity classes. Disponível em:

<[http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=46418](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=46418)>. Acesso em: 07 out.2015.

MORAES, Cícero Couto e CASTRUCI, Plínio de Lauro. **Engenharia de Automação Industrial.** 2. ed. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 2001.

PARKER, Hannifin. **Tecnologia Eletropneumática Industrial.** São Paulo: PARKER, 2001.