

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
COLÉGIO TÉCNICO INDUSTRIAL
CURSO TÉCNICO EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL**

**APLICAÇÃO DE UM MÉTODO
CONSTRUTIVO DE PNEUMÁTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Marcos Lucas de Oliveira

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

APLICAÇÃO DE UM MÉTODO CONSTRUTIVO DE PNEUMÁTICA

Marcos Lucas de Oliveira

Trabalho apresentado ao curso técnico em Automação Industrial, Área de concentração em Pneumática, do Colégio Técnico Industrial da Universidade Federal de Santa Maria (CTISM/UFSM, RS) com requisito parcial para obtenção do grau de **Técnico em Automação Industrial**.

Orientador: Prof. Me. Fernando Bayer

**Santa Maria, RS, Brasil
2012**

Espaço destinado para ajustes necessários ao Arquivamento na biblioteca

**Universidade Federal de Santa Maria
Colégio Técnico Industrial**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinalada,
aprova o trabalho de conclusão de curso**

**APLICAÇÃO DE UM MÉTODO
CONSTRUTIVO DE PNEUMÁTICA**

elaborado por
Marcos Lucas de Oliveira

como requisito parcial para obtenção do grau de
Técnico em Automação Industrial

COMISSÃO EXAMINADORA

**Fernando Bayer
(Orientador)**

Luciano Retzlaff, Me. (UFSM)

Santa Maria, 10 de setembro de 2012

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, pelas angustias e preocupações que lhes afligiram por minha causa, por terem dedicado suas vidas a mim a fim de promover meus estudos, pelo amor, carinho e estímulo que me oferecem, dedico-lhes essa conquista como forma de gratidão.

AGRADECIMENTO

Agradeço a ajuda prestimosa de meu orientador, Fernando Bayer, pela compreensão e paciência.

Agradeço ao professor, Maurício Carvalho, por ter me auxiliado na elaboração deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos e colegas pelo apoio e estímulo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Atuadores e suas divisões.....	21
Figura 2 – Quadro geral de compressores industriais.....	26
Figura 3 – Unidade de conservação pneumática – LUBRIFIL	30
Figura 4 – Elementos componentes de uma rede pneumática.....	32
Figura 5 – Diagrama em bloco do circuito eletropneumático	35
Figura 6 – Gráfico da proporção de materiais reciclados em atividades industriais.	36
Figura 7 – Preços da sucata de alumínio	38
Figura 8 – Processo de Reciclagem do Alumínio.	39
Figura 9 – Fotografia do primeiro teste do sistema pneumático na bancada de ensaios da Parker	46
Figura 10 – Teste de compressão de uma lata de alumínio	47
Figura 11 – Protótipo da prensa pneumática para amassar latas de alumínio de até 473 ml. ..	51
Figura 12 – Diagrama Trajeto- Passo do cilindro A.....	53
Figura 13 – Diagrama Trajeto- Passo do Cilindro B.....	53
Figura 14 – Diagrama trajeto-tempo	54
Figura 15 – Diagrama de comando	54
Figura 16 – Representação do funcionamento da prensa pneumática para amassar latas de alumínio.....	55
Figura 17 – Circuito ligado.....	55
Figura 18 – Acionamento das válvulas direcionais 3vias 2 posições por botão e início do processo	55
Figura 19 – Válvula de Simultaneidade transmitindo o ar aos componentes.....	56
Figura 20 – Válvula direcional cinco vias duas posições inicia sua função.....	56
Figura 21 – Ar passando pela válvula redutora de vazão e acionando o cilindro A que posiciona a lata para compressão	56
Figura 22 – Ao fim de curso do cilindro A, o ar é direcionado a acionar a primeira válvula de sequência	56
Figura 23 – Válvula de sequência 1 aciona a válvula de 5 vias e 2 posições.....	57
Figura 24 – Acionamento da primeira válvula de redutora de vazão.....	57
Figura 25 – Acionamento do cilindro B no qual deforma a lata	57
Figura 26 – Ao fim de curso do cilindro B, o mesmo aciona a segunda válvula de sequência.....	57
Figura 27 – A segunda válvula de sequência transfere o ar para a válvula de cinco vias e duas posições para que a mesma inverta sua posição.....	58
Figura 28 – A válvula de cinco vias e duas posições inverte novamente o seu sentido de passagem do ar.	58
Figura 29 – A válvula cinco vias e duas posições aciona a terceira válvula redutora de vazão.....	58
Figura 30 – O ar passa diante da válvula redutora de vazão e inicia a retomada da posição inicial do cilindro A.....	58
Figura 31 – Ao fim do retorno do cilindro A, ele aciona a terceira válvula de sequência.	59
Figura 32 – A terceira válvula de sequência tem a função de liberar o ar para mover a segunda válvula cinco vias e duas posições com o intuito de liberar a passagem do ar. ..	59
Figura 33 – Válvula cinco vias e duas posições inverte sua posição para liberação do ar.....	59
Figura 34 – A quarta válvula redutora de vazão é acionada para permitir a passagem do ar. .	59
Figura 35 – O cilindro B retorna a sua posição inicial.	60

Figura 36 – Fim do processo da prensa, para reinicia-lo é preciso acionar o módulo de segurança bimanual.	60
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação dos sistemas hidráulicos e pneumáticos	33
Tabela 2 – Componentes utilizados para compor o funcionamento da prensa.	44
Tabela 3 – Custo dos componentes da prensa pneumática.....	49
Tabela 4 – Anotação em forma de tabela	52

RESUMO

Trabalho de Conclusão de Curso
Colégio Técnico Industrial
Universidade Federal de Santa Maria

APLICAÇÃO DE UM MÉTODO CONSTRUTIVO DE PNEUMÁTICA

AUTOR: MARCOS LUCAS DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: FERNANDO MARIANO BAYER

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 10 de setembro de 2012.

O presente projeto, que se caracteriza por utilizar de uma metodologia aplicada tem como objetivo principal projetar e demonstrar através de simulação no software FluidSim, a aplicação de uma prensa pneumática com a utilização de atuadores, por compressão, para ser introduzida em um processo de reciclagem de latas, na qual a mesma deverá “amassar”, deformar ou reduzir o volume inicial de latas de alumínio com altura de aproximadamente 16 cm e diâmetro de aproximadamente 6,5 cm. A escolha do tema para a realização deste trabalho ocorreu devido a uma estimativa de crescimento de mercado na área de automação pneumática, e por intermédio disso foi constatado que é um setor, ainda, pouco explorado e que proporciona boas oportunidades de negócio. A pesquisa de modo geral, procedeu-se com análise bibliográfica, estudos de casos de aplicação de prensa pneumática em processos semelhantes, metodologias, referências, e, principais critérios para aplicação de prensas pneumáticas. Assim sendo, neste projeto, utilizou-se como suporte prático simulações no software FluidSim, experimentos práticos na bancada de treinamento de pneumática “Parker”, disponível no laboratório de automação industrial da instituição de ensino na qual esse pesquisa direciona-se. Os resultados obtidos foram a criação do funcionamento de uma prensa pneumática voltada para atuar em centros de recicladores com o intuito de promover melhores condições de trabalho, para os colaboradores, a comprovação que o projeto é viável no quesito custo/benefício, e, que este estudo servirá de base para pesquisas sobre o assunto ou aprimoramento deste projeto num futuro próximo. Diante disso, concluí-se que o trabalho cumpriu com o seu objetivo.

Palavras-chave: Automação; Prensa Pneumática; Reciclagem.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Questões e objetivos da pesquisa	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	15
1.2 Justificativa e escolha do tema	15
1.3 Método da pesquisa	16
1.4 Estrutura do trabalho	16
2. SUSTENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 Automação.....	18
2.1.1 Automação industrial.....	19
2.2 Elementos de automação da prensa pneumática	20
2.2.1 Atuadores.....	20
2.2.2 Válvulas Pneumáticas	22
2.3 Produção e distribuição de ar comprimido em pequena escala.....	24
2.3.1 Compressor	24
2.3.2 Sistema de refrigeração dos compressores	28
2.3.3 Unidade de condicionamento (lubrífil).....	29
2.3.4 Reservatório de ar comprimido	30
2.3.5 Secadores de ar	31
2.3.6 Redes de distribuição	31
2.4 Prensa pneumática.....	33
2.4.1 Funcionamento lógico de uma prensa pneumática	34
2.5 Reciclagem	35
2.5.1 Utilização do alumínio e suas ligas	36
2.5.2 Reciclagem de latas de alumínio	37
2.6 Ergonomia	40
2.6.1 Biomecânica ocupacional	40
2.6.2 Visão ergonômica do posto de trabalho.....	41
2.6.3 Custo e benefício da ergonomia	42
3. PROJETO E DIMENSIONAMENTO DA PRENSA PNEUMÁTICA.....	43
3.1 Motivos que levaram a optar por uma prensa pneumática ao invés de uma prensa hidráulica	43
3.2 Desenvolvimento da prensa pneumática	44
3.3 Estudo do dimensionamento dos cilindros	47
3.3.1 Dados iniciais.....	47
3.4 Análise do custo de produção da prensa pneumática	48
3.5 Funcionamento da prensa pneumática para a deforma de latas de alumínio	51
3.5.1 Representação dos movimentos.....	52
3.5.2 Diagramas de movimentos	52
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	60
5.1 Sugestões para trabalhos futuros	61
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ISO.....	<i>International Organization for Standardization (Organização internacional de Normalização)</i>
ARERJ.....	<i>Associação dos Recicladores do Estado do Rio de Janeiro</i>
ABAL	<i>Associação Brasileira de Alumínio</i>
IBGE.....	<i>Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística</i>
ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
IEA.....	<i>International Ergonomics Association</i>
ABERGO.....	<i>Associação Brasileira de Ergonomia</i>

1. INTRODUÇÃO

A automação pode ser definida como a tecnologia por meio da qual um processo ou procedimento é alcançado sem assistência humana. É realizada utilizando-se um programa de instruções combinado a um sistema de controle que executa as instruções. Para automatizar um processo, é preciso energia não só para conduzir o processo como para operar o programa e o sistema de controle (GROOVER, 2010). Em vista disso, é considerada uma importante aliada da otimização do desempenho dos colaboradores, pois por meio da tecnologia são concebidos indicadores que auxiliam a gestão, acelera processos e remove movimentos manuais dispensáveis, garantindo a redução de tarefas que não sejam ergonomicamente aceitáveis e que não geram valor aos produtos. Sendo assim, automatizar processos descentraliza tarefas, proporciona a autonomia do colaborador contribuindo para a obtenção da eficácia na gestão.

Para Silveira (2009), a automação é um conceito e um conjunto de técnicas que, por meio das quais, se constroem sistemas ativos capazes de atuar com uma eficiência ótima pelo uso de informações recebidas do meio sobre o qual atuam. Dentro deste contexto, os gregos introduziram a Pneumática, que provém da expressão “Pneuma”, que significa fôlego ou vento. Assim sendo, segundo estabelecido pela ISO 5598, “Sistemas e Componentes Hidráulicos e Pneumáticos”, a pneumática refere-se à ciência e tecnologia que utiliza o ar ou gases neutros como meio de transmissão de potência. Portanto, verifica-se que o foco da pneumática é a automação, pois com a introdução da mesma reduz-se o esforço físico na execução de diversos trabalhos.

Em vista disso, este projeto propõe a aplicação de um sistema automático visando minimizar o tempo e o esforço muscular, no processo de reciclagem de latas de alumínio. O sistema deverá amassar latas de alumínio de até 473 ml; dessa forma, foi verificada a força necessária para a deformação e velocidade requerida para a máquina.

Baseando-se na introdução da pneumática nos processos de automação, e, considerando suas características, vantagens e desvantagens, esse projeto de pesquisa tem como objetivo geral analisar e demonstrar, através de experimentos em laboratório, a aplicação de uma prensa em um processo de reciclagem de latas de alumínio com a utilização de atuadores pneumáticos. Uma das principais contribuições científicas que se espera desse trabalho é o desenvolvimento de uma prensa que seja eficaz, eficiente e economicamente

viável. A justificativa desse estudo fundamenta-se então, na introdução de uma forma de contribuição para o trabalho de colaboradores que atuam nesses processos fabris, que está em vasta expansão, diante do aumento da consciência ambiental.

Para tanto, organizou-se este texto nas seções que seguem: a segunda seção apresenta um breve suporte teórico sobre automação, prensa pneumática, reciclagem e demais pontos importantes a serem utilizados no trabalho; a terceira seção traz os procedimentos metodológicos; a quarta seção apresenta a discussão dos resultados e a quinta seção expõe as considerações finais.

1.1 Questões e objetivos da pesquisa

a) Problema proposto:

Qual o benefício da introdução de uma prensa pneumática em um processo de reciclagem?

b) Hipótese Base:

Redução de custos operacionais, rapidez nos movimentos pneumáticos e liberação de operários de operações repetitivas; possibilitam o aumento do ritmo de trabalho, da produtividade e, portanto apresentam um menor custo operacional.

c) Hipótese Secundária:

Simplicidade de manipulação, os controladores pneumáticos não necessitam de operários altamente especializados, assim como, possuem facilidade de implementação.

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é projetar e demonstrar, através de simulação no software FluidSim, a aplicação de uma prensa pneumática em um processo de reciclagem de latas de alumínio, bem como, realizar a análise do custo de implementação do sistema e sua viabilidade econômica.

1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral deste projeto, procura-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- a) demonstrar as vantagens em usar uma prensa pneumática em relação ao trabalho manual;
- b) verificar o custo econômico do projeto;
- c) analisar a eficiência e eficácia da operação da prensa pneumática.

1.2 Justificativa e escolha do tema

A importância do setor de reciclagem nos ecossistemas, assim como sua rentabilidade econômica, são pontos relevantes para justificar o tema desta pesquisa. Todavia, observa-se que este tema é pouco explorado em trabalhos científicos, portanto, este estudo traz de forma sucinta uma contribuição para próximos estudos na área, visto que tal projeto pretende contribuir com a sociedade.

Partindo de estudos de casos sobre aplicações de prensas semelhantes e analisando as vantagens e desvantagens dos sistemas hidráulicos versus sistemas pneumáticos, pode-se afirmar que prensas pneumáticas apresentam baixo custo e vantagens mais efetivas do que prensas hidráulicas, no caso de uma prensa para amassar latas de alumínio com característica de operar em pequenos centros de reciclagem.

A vantagem da introdução desse mecanismo apresenta-se no processo de deformação das latas de alumínio com maior eficácia, rendimento financeiro maior com o aumento na produção e melhorias nas condições de trabalho. Salienta-se, ainda que, atualmente em cooperativas de pequenos centros urbanos, como por exemplo, do município de Bagé-RS, não há mecanismos para deformar as latas de alumínio devido ao seu alto custo de aquisição, ou seja, as mesmas são deformadas manualmente pelos recicladores. Assim fica caracterizado este estudo, portanto, como importante para o desenvolvimento do setor de reciclagem nestes centros urbanos.

Em vista disso, a introdução da automação industrial virá contribuir como um meio de garantir alta produtividade, elevada eficiência, e, padrão de qualidade, como também,

permitirá a minimização do tempo de operacionalização. Contudo, a introdução da prensa no processo trará ganhos ergonômicos para com o colaborador, pois a automação auxilia na redução de tarefas repetitivas que geram desgaste físico aos funcionários.

Concomitantemente a justificativa desse estudo fundamenta-se, portanto, na introdução de uma forma de contribuir no trabalho de colaboradores que atuam nesses processos fabris que está em vasta expansão, diante do aumento da consciência ambiental.

1.3 Método da pesquisa

O método de pesquisa deste estudo é caracterizado como aplicativo. Conforme os autores MARCONI e LAKATOS (2004), a pesquisa aplicada, caracteriza-se por seu interesse prático, isto é, que os resultados sejam aplicados imediatamente na solução de problemas que ocorrem na realidade.

Assim, nesse trabalho, procederam-se com análise bibliográfica, estudos de casos de aplicação de prensa pneumática em processos semelhantes, metodologias, referências, e, principais critérios para aplicação de prensas pneumáticas.

Neste projeto, utilizou-se como suporte prático simulações no software FluidSim e experimentos práticos na bancada de treinamento de pneumática “Parker”, disponíveis no Laboratório de Automação Industrial da instituição de ensino Universidade Federal do Pampa, no campus Bagé- RS.

1.4 Estrutura do trabalho

Este trabalho está dividido em cinco etapas: Introdução, Sustentação Teórica, Procedimentos Metodológicos, Discussões e Resultados e Considerações Finais.

Na seção 2, é feita uma revisão bibliográfica dos assuntos relacionados à automação industrial, a prensa pneumática, processos de reciclagem e seus derivativos. Essa seção serve de base para todos os assuntos que são tratados a seguir.

Na seção 3, procura-se definir requisitos desejáveis utilizados na elaboração neste projeto.

Na seção 4, busca-se validar a aplicabilidade do projeto descrito deste trabalho, por meio dos resultados obtidos.

Na seção 5, são apresentadas as conclusões da pesquisa e as sugestões para futuros trabalhos.

2. SUSTENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Automação

A palavra automação, que no latim significa “mover-se por si”, transcreve a movimentação de um equipamento por meios que lhe permitam realizar seu controle automaticamente, sem intervenção humana. Em vista disso, pode-se definir automação como a tecnologia que se ocupa da utilização de sistemas mecânicos, eletroeletrônicos e computacionais na operação e controle da produção.

O termo automação industrial foi criado para designar o conjunto de estudos, princípios e métodos destinados a substituir a intervenção humana em determinadas atividades, ou seja, trata-se de um meio de garantir alta produtividade com elevada eficiência e padrão de qualidade que permitem a redução no custo final do produto, bem como a sua disponibilidade em tempo relativamente menor.

O presente tema está dividido em três seguimentos, a saber; (a) automação industrial, (b) automação residencial e (c) automação predial. Contudo, este trabalho focaliza-se em automação industrial, devido ao fato de que se está analisando a introdução de uma prensa pneumática para deformar latas de alumínio em um setor de reciclagem. Todavia, precisa-se ainda analisar algumas diferenciações entre automação e mecanização, pois estes conceitos frequentemente são empregados erroneamente.

- a) Automação refere-se à prática de programar uma máquina para que execute uma função, ou seja, possibilita fazer um trabalho por meio de máquinas controladas automaticamente capazes de se autorregularem.
- b) Mecanização refere-se à introdução de máquinas para processar, executar ou realizar um trabalho, substituindo o esforço físico do homem.

2.1.1 Automação industrial

Segundo o autor Silveira (2009), automação industrial é a aplicação de softwares ou equipamentos específicos para operacionalizar uma máquina ou uma célula de produção, com o objetivo de aumentar a eficiência e eficácia da organização. Este termo é aplicado dentro de indústrias, pois introduz nas mesmas máquinas de grande porte ou até mesmo pequeno, automatizadas, para manufaturar os devidos processos.

A introdução destas máquinas traz vantagens aos colaboradores, pois minimiza as fadigas manuais e garante características constantes dos produtos fabricados, assegurando, portanto, a precisão e qualidade dos produtos. Assim sendo, a automação industrial propicia ao homem o planejamento em tarefas que exigiam raciocínio lógico, como por exemplo, no caso das funções de controle e correção de erros durante os processos de fabricação, oferecendo-lhe, portanto, melhores condições de segurança, assim como a maximização da produção com menor custo.

A automação industrial está classificada em três categorias de flexibilidade; automação fixa, automação programável e automação flexível.

a) Automação fixa

Está baseada em uma linha de produção especialmente projetada para a fabricação de um produto específico. Possui como características:

- Altos investimentos;
- Altas taxas de Produção;
- Configuração rígida;
- Operações simples.

b) Automação Programável

É baseada em um equipamento com capacidade de fabricar uma variedade de produtos com características diferentes. Contudo, se diferencia das outras por apresentar:

- Altos investimentos;
- Taxas médias de produção;
- Configuração semi- flexível (possibilidade de reprogramação).

c) Automação Flexível

É baseada em um equipamento capaz de ser programado para produzir uma variedade de produtos com algumas características ou configurações diferentes. Assim sendo, apresenta como características:

- Investimento elevado;
- Produção contínua;
- Configuração flexível.

2.2 Elementos de automação da prensa pneumática

Conforme priorização do estudo de uma prensa pneumática, nesse trabalho, necessita-se, ainda, de base teórica sobre atuadores e válvulas, pois na montagem de componentes automatizados os mesmos são essenciais para transferir energia em potência mecânica, no entanto, a próxima seção descreve os dispositivos usados no projeto.

2.2.1 Atuadores

Segundo ROMANO (2009), os atuadores são componentes que convertem energia elétrica, hidráulica ou pneumática, em potência mecânica. Portanto, é através de sistemas de transmissão que a potência mecânica gerada pelos atuadores é enviada aos elos para que os mesmos se movimentem. Em vista disso, nesse projeto dar-se-ia ênfase aos atuadores pneumáticos, pois o foco deste estudo concentra-se em uma prensa pneumática.

2.2.1.1 Atuadores Pneumáticos

São elementos mecânicos que por meio de movimentos lineares ou rotativos, transformam em energia pneumática a energia cinética gerada pelo ar pressurizado e em expansão, produzindo trabalho, ou seja, são elementos responsáveis pela execução do trabalho realizado pelo ar comprimido (BUSTAMANTE, 2011).

Os atuadores pneumáticos são utilizados em operações industriais que atuam com movimentação de cargas entre posições bem definidas limitadas por batentes mecânicos, o que caracteriza o movimento ponto-a-ponto.

A baixa rigidez destes atuadores devido à compressibilidade do fluido (ar comprimido) permite que sejam obtidas operações suaves, porém esta característica o torna pouco preciso quanto ao controle de posicionamento entre as posições limites. A natureza binária do movimento destes atuadores (posição estendida ou retraída) implica em controle simples e de baixo custo. Utiliza-se um compressor para fornecer o ar comprimido ao atuador pneumático através das válvulas direcionais (DUTRA, Introdução à Robótica, 2009).

Para um correto funcionamento dos atuadores, convém a instalação de unidades de preparação (filtro, dreno, regulador de pressão com manômetro e etc.) no circuito de ar comprimido antes da entrada deste nas válvulas direcionais.

Neste contexto os atuadores pneumáticos estão divididos em três grupos:

a) Atuadores Lineares

São constituídos de componentes que convertem a energia pneumática em movimento linear ou angular. São representados pelos cilindros pneumáticos, e, dependem da natureza dos movimentos, velocidade, força, curso.

b) Atuadores Rotativos

Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de movimento torsor contínuo.

c) Atuadores Oscilantes

Convertem energia pneumática em energia mecânica, através de momento torsor limitado por um determinado número de graus.

Os atuadores Pneumáticos podem também ser classificados conforme o diagrama a baixo:

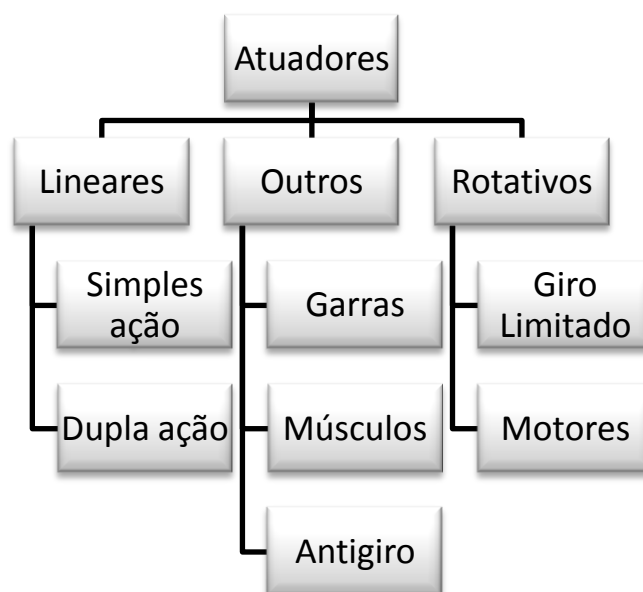


Figura 1 – Atuadores e suas divisões

Fonte: Catálogo de fornecimento Festo

2.2.2 Válvulas Pneumáticas

A válvula é um componente do circuito pneumático que se destina a controlar a direção, pressão ou ainda vazão do ar comprimido. Portanto, ao receber um impulso pneumático, mecânico ou elétrico, permite que haja fluxo de ar pressurizado para alimentar determinado elemento do automatismo. Assim sendo, o autor Silveira (2009), define o termo válvula pneumática como a representação de todos os elementos que servem para orientar os fluxos de ar, impor bloqueios ou controlar sua intensidade de vazão e pressão.

As válvulas pneumáticas podem ser classificadas em diferentes grupos, como descrito a baixo, pois cada um se refere ao tipo de trabalho a que se destina mais adequadamente.

a) Válvulas de controle direcional

Tem por função orientar a direção que o fluxo de ar deve seguir, a fim de realizar um trabalho proposto. Para caracterizar uma válvula direcional devemos conhecer primeiramente: número de posições, número de vias, tipo de acionamento (comando), tipo de retorno e tipo construtivo da válvula.

- Número de posições: É a quantidade de manobras distintas que uma válvula direcional pode executar ou permanecer sob a ação do seu acionamento; são representadas por um retângulo dividido em quadrados.
- Número de vias: É o número de conexões de trabalho que a válvula possui. São consideradas vias a conexão de entrada de pressão, as conexões de utilização e as conexões de escape.
- Tipos de acionamentos ou comandos: As válvulas exigem um agente externo ou interno que desloque suas partes internas de uma posição para outra, ou seja, necessita de um agente que altere as direções de fluxo e efetue os bloqueios liberando o escape. Esses acionamentos podem ser musculares, mecânicos, pneumáticos, elétricos combinados ou normatizados, dependendo das necessidades.
- Vazão das válvulas: É o volume de fluído que flui pela válvula em uma unidade de tempo (l/min.). A vazão varia entre válvulas que possuem até mesmo a mesma bitola e também dependem do tipo construtivo.
- Tipo de comando de retorno das válvulas: As válvulas requerem uma ação para efetuar mudança de posição e outra ação para voltarem ao estado inicial, podendo ser essa ação executada por:

- Retornos mecânicos:
 - Mola: A mola previamente comprimida libera a energia armazenada pela compressão, efetuando o retorno da válvula a posição inicial.
 - Trava: Mantém a válvula na posição de manobra, pois uma ação faz a válvula retornar a posição inicial.
- Retornos elétricos:
 - A operação das válvulas é efetuada por meio de sinais elétricos, provenientes de chaves fim de curso, pressostatos, temporizadores e etc.
- Retornos combinados:
 - Utiliza a própria energia do ar comprimido para acionar as válvulas, e, é classificado também como servo-piloto, comando prévio e indireto.

b) Válvulas de bloqueio (anti-retorno)

São elementos que bloqueiam a passagem de ar em um sentido, permitindo a passagem livre no sentido oposto. A pressão no lado do bloqueio atua sobre o elemento vedante, permitindo assim, a vedação perfeita da válvula. Podem ser do tipo:

- Válvula de retenção: São utilizadas quando se deseja impedir o fluxo de ar em um sentido.
- Válvula de escape rápido: É utilizada para aumentar a velocidade normal de deslocamento de um pistão.
- Válvula de isolamento: É utilizada quando é necessário enviar sinais a um ponto comum de diferentes locais no circuito pneumático.
- Válvula de simultaneidade: É utilizada em sistemas bimanuais de segurança e funções lógicas “E”.

c) Válvulas de controle de fluxo

Sua função é controlar o fluxo de ar que alimenta um determinado componente do circuito, nesse caso, os atuadores pneumáticos. E sua utilização dar-se-ia quando se faz necessário a diminuição da quantidade de ar que passa por uma tubulação (velocidade de cilindros ou condições de temperatura).

d) Válvulas de controle de pressão

São válvulas que influenciam ou sofrem influência em relação a uma determinada intensidade de pressão. Seu funcionamento é definido pelo autor Pavani (2011), como sendo uma válvula que limita a pressão de um reservatório, compressor ou linha de pressão, evitando a sua elevação além do ponto pré-determinado, é ajustado através de mola calibrada

que é comprimida, por parafuso, transmitindo sua força sobre um êmbolo e mantendo-o contra a sede.

E quando ocorre um aumento de pressão no sistema, o êmbolo é deslocado de sua sede, sendo a mola comprimida e permitindo contato da parte pressurizada com a atmosfera, através de uma série de orifícios por onde é expulso um volume de ar, mantendo a pressão estável.

2.3 Produção e distribuição de ar comprimido em pequena escala.

A pneumática utiliza o ar como fonte de energia para o acionamento de seus automatismos. O mesmo, entretanto, precisa ser remanejado na tubulação em condições apropriadas para sua utilização, ou seja, devemos analisar a pressão adequada para o sistema, assim como a qualidade (redução máxima, possível, de impurezas e umidade). A condição de pressão adequada é conseguida através dos compressores, já a de qualidade necessita de recursos como purgadores, secadores e filtros (FIALHO, 2011).

2.3.1 Compressor

Segundo a apostila da Parker M1001-2BR, compressores são definidos como máquinas destinadas a elevar a pressão de certo volume de ar, admitido nas condições atmosféricas, até uma determinada pressão exigida para a execução de trabalhos realizados com ar comprimido.

Em aplicações industriais, normalmente são previstos compressores com grandes reservatórios, pois se necessita atender à grande demanda de automatismos em diversos pontos, que são interligados por meio de uma rede tubular que possibilita sua distribuição de forma igualitária e sem perdas significativas (BUSTAMANTE, 2011).

Contudo são duas as classificações fundamentais para os princípios conceptivos em que se fundamentam todas as espécies de compressores de uso industrial.

- a) Deslocamento positivo ou volumétrico:

Baseia-se fundamentalmente na redução de volume ocupado pelo gás, ou seja, o ar é admitido em uma câmara isolada do meio exterior, na qual o seu volume é gradualmente diminuído, processando a compressão. Neste contexto, o autor Bustamante (2011) destaca que na operação destas máquinas podem ser identificadas diversas fases, que constituem o ciclo de funcionamento.

Em resumo, certa quantidade de gás é admitida no interior de uma câmara de compressão, que então é cerrada e sofre redução de volume, e, ao fim a câmara é aberta e o gás é liberado para o consumo. Trata-se, portanto de um processo intermitente, no qual a compressão propriamente dita é efetuada em sistema fechado, isto é, sem nenhum contato com a sucção e a descarga.

b) Descolamento dinâmico ou turbocompressores:

Basicamente a elevação da pressão é obtida por meio da conversão de energia cinética em energia de pressão, durante a passagem do ar através do compressor. Contudo, apresentam dois órgãos principais: impelidor e difusor.

O impelidor é um órgão rotativo munido de pás que transfere ao gás a energia recebida de um acionador. Essa transferência de energia se faz em parte na forma cinética e em outra parte na forma de entalpia. Posteriormente, o escoamento estabelecido no impelidor é recebido por um órgão fixo denominado difusor, cuja função é uniformizar a velocidade e direção do escoamento que sai dele, pois ao entrar no compressor, se não estiver bem uniforme, pode causar falhas nas pás devido à fadiga por vibração (BUSTAMANTE, 2011).

Os compressores dinâmicos efetuam o processo de compressão de maneira contínua, portanto, corresponde exatamente ao que se denomina, em termodinâmica, um volume de controle.

Contudo, abaixo é apresentado um quadro geral dos compressores industriais juntamente com as suas classificações de acordo com o princípio conceutivo.

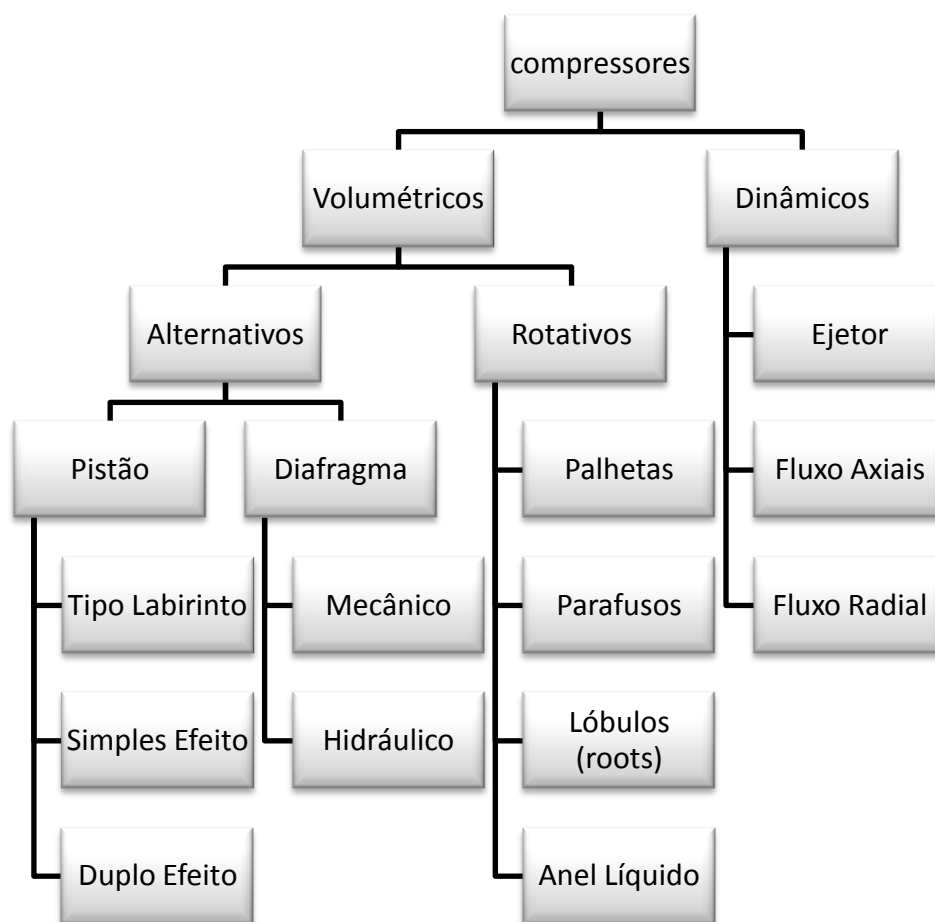


Figura 2 – Quadro geral de compressores industriais

Fonte: Autor apud FIALHO, 2011

2.3.1.1 Características importantes na escolha de um compressor

As seguintes características descritas são de extrema importância e devem sempre ser observadas quando procedemos à escolha de um compressor.

a) Volume de ar fornecido

Defini-se com a quantidade total de m^3 de ar que pode ser fornecida pelo compressor, quando em atividade máxima.

- Volume teórico: É definido por meio de equacionamento do produto do volume cilíndrico pelo número de rotações do compressor.
- Volume efetivo: É o valor que efetivamente será utilizado, ou seja, necessário para o acionamento dos diversos automatismos do compressor.

b) Pressão

É responsável pela força desenvolvida pelos atuadores no sistema, classifica-se em dois níveis.

- Pressão de regime: É a pressão efetiva fornecida pelo compressor e que se distribui por toda a linha, alimentando todos os pontos de utilização.
- Pressão de trabalho: É a pressão necessária ao acionamento dos diversos automatismos, devendo ser menor que a pressão de regime, porque dessa forma é possível manter a pressão sempre constante. Assim sendo, as forças e velocidades desenvolvidas pelos automatismos são garantidas durante o processo.

c) Acionamento

O acionamento de compressores é conforme a necessidade, podendo ser feito por motor elétrico ou por motor a combustão (gasolina ou diesel).

- Motor elétrico: Este tipo de acionamento é aplicado aos compressores de uso industrial e oficinas. Podendo ser motores de baixa potência (0,5 hp) para compressores de uso doméstico a grandes potências (750 hp) para uso industrial.
- Motor a combustão: Aplicado em locais que são poucos favoráveis por rede elétrica ou até mesmo por motivos de racionamento da rede elétrica. Esse sistema assim como o anterior cobre uma vasta área de configurações.

d) Sistema de regulação

O consumo de ar pelos diversos automatismos não se faz constante, assim sendo necessita-se combinar o volume fornecido pelo compressor com a real demanda. Dessa forma, são utilizados, conforme o modelo de compressor, diferentes formas de regulação que operam entre valores preestabelecidos, ou seja, mantém o sistema operando entre uma pressão máxima e mínima.

- Regulação por descarga: Nesse sistema, quando, durante o funcionamento do compressor é atingido o valor de pressão máxima, uma válvula reguladora do tipo alívio descarrega para a atmosfera o ar comprimido. E quando atingir a pressão mínima a válvula é fechada permitindo o reestabelecimento da pressão normal.
- Regulação por fechamento: Esse tipo de regulação é semelhante ao anterior, porém no lugar de uma válvula reguladora de pressão, utiliza-se uma válvula de uma via e duas posições com retorno por mola.

- Regulagem por garras: Nesse sistema de regulagem, um mecanismo do tipo garra é acionado sempre que a pressão do ar atingir um valor predeterminado, mantendo a válvula de admissão aberta, assim sendo durante a fase de compressão, o ar passa a ser devolvido ao ambiente, repetindo-se assim o ciclo continuamente.
- Regulagem por rotação: Aplicado a compressores acionados por motores de combustão interna. Nesse sistema, quando atingida uma pressão máxima predeterminada, há uma desaceleração do motor. Desse modo, a quantidade de ar a ser comprimido reduz, permitindo que o consumo da rede faça com que o ar recaia até um nível mínimo e assim o motor retorna o seu giro normal.
- Regulagem intermitente: Trata-se de um sistema aplicado a acionamento de compressores, de pequeno porte, por motor elétrico. Um pressostato é ligado à rede de alimentação do motor e, quando for atingida uma pressão máxima admissível, programada no pressostato, ele promove o desligamento de uma chave conectora. Após a pressão de rede recair aos valores mínimos predeterminados, o pressostato desliga-se reativando o funcionamento do motor.

2.3.2 Sistema de refrigeração dos compressores

Remove o calor gerado entre os estágios de compressão, e também o calor gerado por atritos diversos, visando:

- a) Manter baixa a temperatura das válvulas, do óleo lubrificante e do ar que está sendo comprimido;
- b) Evitar deformação do bloco e cabeçote;
- c) Aumentar a eficiência do compressor;

O sistema de refrigeração compreende duas fases, (a) resfriamento dos cilindros de compressão, e (b) resfriamento do refrigerador intermediário. O esfriamento pode ser através de água ou por ar.

2.3.2.1 Resfriamento à água

Normalmente, esse tipo de refrigeração é empregado em máquinas de grande porte. Contudo, a água utilizada para refrigeração destas máquinas deve ter baixa temperatura e pressão suficiente para evitar a formação de vapor, assim sendo, devem ainda estar livre de impurezas e conter baixo teor de sais de cálcio e magnésio.

2.3.2.2 Resfriamento a ar

É indicado para compressores de pequeno e médio porte, devido ao menor custo em relação ao sistema resfriado a água. Apresenta maior facilidade operacional, porém não é recomendado que instalar os compressores resfriados a ar em locais fechados, pois grande parte da potência é consumida pelo compressor e transformada em calor.

2.3.3 Unidade de condicionamento (lubrífil)

Essa unidade tem como objetivo melhorar o condicionamento do ar, antes de ser colocado para trabalhar. Neste caso, o beneficiamento do ar comprimido consiste em filtragem, regulação da pressão, e, introdução de certa quantidade de óleo para a lubrificação de todas as partes mecânicas dos componentes pneumáticos.

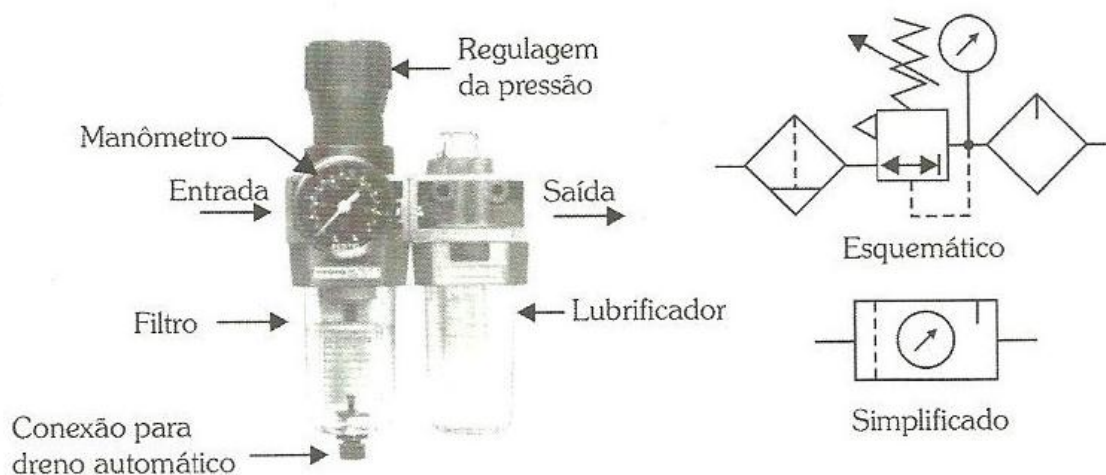


Figura 3 – Unidade de conservação pneumática – LUBRIFIL

Fonte: BUSTAMANTE, 2011

Assim sendo, segundo descrito na apostila M1001-2 BR da Parker, a utilização desta unidade de serviço é indispensável em qualquer tipo de sistema pneumático, pois ao mesmo tempo em que permite os componentes trabalharem em condições favoráveis, prolonga a sua vida útil. Em virtude disso, os equipamentos que constituem a unidade de condicionamento ou Lubrifil é o filtro, a válvula reguladora de pressão, e, o lubrificador.

2.3.4 Reservatório de ar comprimido

Em geral, o reservatório de ar comprimido possui as funções de armazenar o ar comprimido; resfriar o ar, auxiliando na eliminação do condensado; compensar as flutuações de pressão em todo o sistema de distribuição; estabilizar o fluxo de ar; controlar as marchas dos compressores e etc.

O autor Silveira (2009) destaca que os reservatórios de ar comprimido devem ser instalados de modo que todos os drenos, conexões e aberturas de inspeção sejam facilmente acessíveis, não podendo, portanto, ser enterrado ou ser instalado em local de difícil acesso.

2.3.5 Secadores de ar

A presença de umidade no ar comprimido é sempre prejudicial para as automatizações pneumáticas, pois causa sérias consequências. Entretanto, com as devidas preparações, consegue-se a distribuição do ar com valor de umidade baixo, porém não totalmente isento de água.

Esse equipamento é de extrema importância no projeto, pois reduz o tempo de desgaste das demais peças utilizadas. Todavia, os meios utilizados para secagem do ar são múltiplos, mas os mais importantes atualmente são:

a) Secagem por refrigeração:

Consiste em submeter o ar a uma temperatura suficientemente baixa, afim de que a quantidade de água existente seja retirada.

b) Secagem por absorção:

Esse processo é também chamado de processo químico de secagem, pois é conduzido no interior de um reservatório (tanque de pressão) através de uma massa higroscópica, insolúvel ou deliquescente que absorve a umidade do ar, processando-se uma reação química.

c) Secagem por adsorção:

É a fixação das moléculas de um adsorvato na superfície de um adsorvente geralmente poroso e granulado, ou seja, é o processo de depositar moléculas na superfície de outra substância.

2.3.6 Redes de distribuição

A rede de distribuição de ar comprimido compreende todas as tubulações que saem do reservatório. Passando pelo secador e que, unidas, orientam o ar comprimido até os pontos individuais de utilização. É normalmente formado de tubos de aço carbono ou galvanizado, podendo ser até mesmo utilizados tubos de conexões de PVC especiais.

As redes de distribuição possuem duas funções básicas: (a) comunicar a fonte produtora com os equipamentos consumidores e (b) funcionar como um reservatório para atender às exigências locais. Os elementos de composição de uma rede de distribuição podem ser Analisados na figura abaixo.

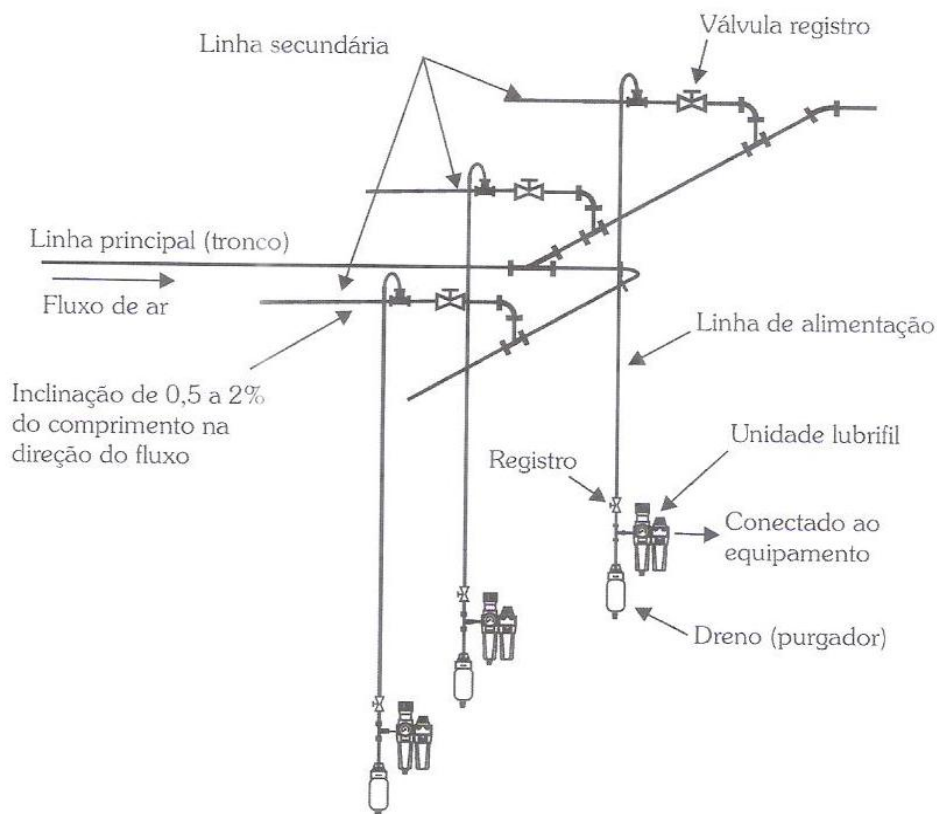


Figura 4 – Elementos componentes de uma rede pneumática

Fonte: FIALHO, 2011

2.3.6.1 Tubulação principal

As redes de distribuição pneumáticas são aéreas, sendo fixadas em paredes, vigas ou até mesmo no forro por meio de ferragens apropriadas. A tubulação principal (tronco) passa por todo o processo alimentando o sistema e recebendo as conexões dos demais componentes.

2.3.6.2 Tubulação secundária

Representa as linhas de interseção da tubulação principal, ou seja, auxilia na alimentação do sistema. Deve possuir uma determinada inclinação no sentido do fluxo que facilita o recolhimento de eventuais condensações e impurezas ao longo da tubulação. A

inclinação recomendada deve ficar entre 0,5 a 2% do comprimento reto do tubo (FIALHO, 2011).

2.4 Prensa pneumática

Prensas pneumáticas têm seu funcionamento baseado no princípio de Pascal, na qual a pressão aplicada a um fluido dentro de um recipiente fechado é transmitida, sem variação, a todas as partes do fluido, bem como às partes do recipiente.

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

Concomitantemente ocorre o mesmo com as prensas hidráulicas, que é uma máquina capaz de transformar uma força de pequena intensidade em outra força de maior intensidade usando o princípio de pascal. A eficiência de uma prensa hidráulica é o número obtido pela razão entre a área do êmbolo maior e a área do êmbolo menor.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

Porém existem diferenças diante de suas características, em prensas pneumáticas seu funcionamento é dependente do ar comprimido, a baixa pressão, fornecida pelo compressor para impulsionar o cilindro. Já em prensas hidráulicas trabalha-se com óleo com alta pressão enviado pelas bombas hidráulicas ao sistema, e tudo o que se ganha em força se perde em deslocamento. Assim sendo, as principais diferenças entre sistemas hidráulicos e pneumáticos podem ser observadas na Tabela 1, descrita a baixo.

Tabela 1 – Comparação dos sistemas hidráulicos e pneumáticos

Características do sistema	Sistema hidráulico	Sistema pneumático
Fluido pressurizado	Óleo (ou emulsão água-óleo)	Ar comprimido
Compressibilidade	Incompressível	Compressível
Nível típico de pressão do fluido	20 MPa (3.00 lb/pol ²)	0,7 Mpa (100 lb/pol ²)
Forças aplicadas pelos dispositivos	Altas	Baixas

Características do sistema	Sistema hidráulico	Sistema pneumático
Velocidade de atuação dos dispositivos	Baixas	Altas
Controle de velocidade	Controle de velocidade preciso	Difícil de controlar com precisão
Problemas com vazamento de fluidos	Sim, danos potenciais mna segurança	Sem problemas quando o ar vaza
Custos relativos do dispositivo	Altos (fior de cinco a dez vezes)	Baixo
Construção e manufatura de dispositivos	Necessários bons acabamentos de superfície e tolerâncias	Em vez de componentes de alta precisão, anéis de vedação são utilizados na prevenção de vazamentos
Aplicação de automação	Preferíveis quando forças intensas e controle preciso são necessários	Preferíveis quando o custo baixo e a alta velocidade de atuação são necessários

Fonte: GROOVER, 2010

As prensas pneumáticas podem trabalhar em velocidade rápida ou lenta, porém não desenvolvem grande força mediante ao fato que com a utilização do ar comprimido não é viável conseguir alta pressão e baixas velocidades estáveis, pois para desenvolver grande força os pistões devem ter seu diâmetro extremamente grande.

Salienta-se que os diagramas de circuitos pneumáticos são representados segundo as normas internacionais ISO 1929. Todavia no ANEXO B estão descritos os principais símbolos gráficos e regras para a elaboração destes diagramas utilizados no trabalho.

2.4.1 Funcionamento lógico de uma prensa pneumática

Inicia-se com a compressão do ar pelo sistema de compressores, posteriormente o mesmo passa por sua devida distribuição pela rede, após essa etapa, um conjunto de componentes faz com que o ar comprimido chegue até a válvula direcional da máquina, e quando a mesma é acionada libera-se a passagem de ar comprimido para o cilindro, para que o mesmo possa movimentar o atuador.

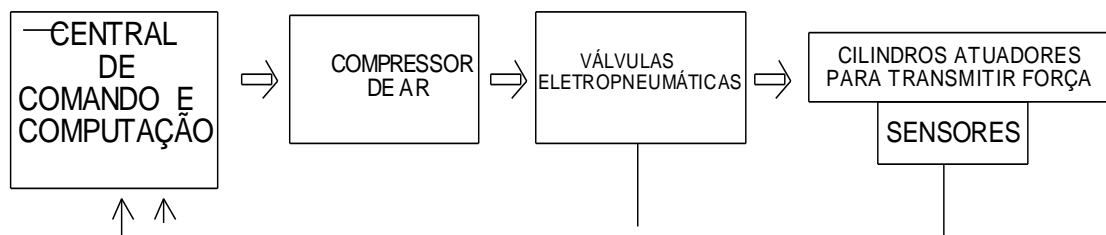


Figura 5 – Diagrama em bloco do circuito eletropneumático

Fonte: BONACORSO, 2004

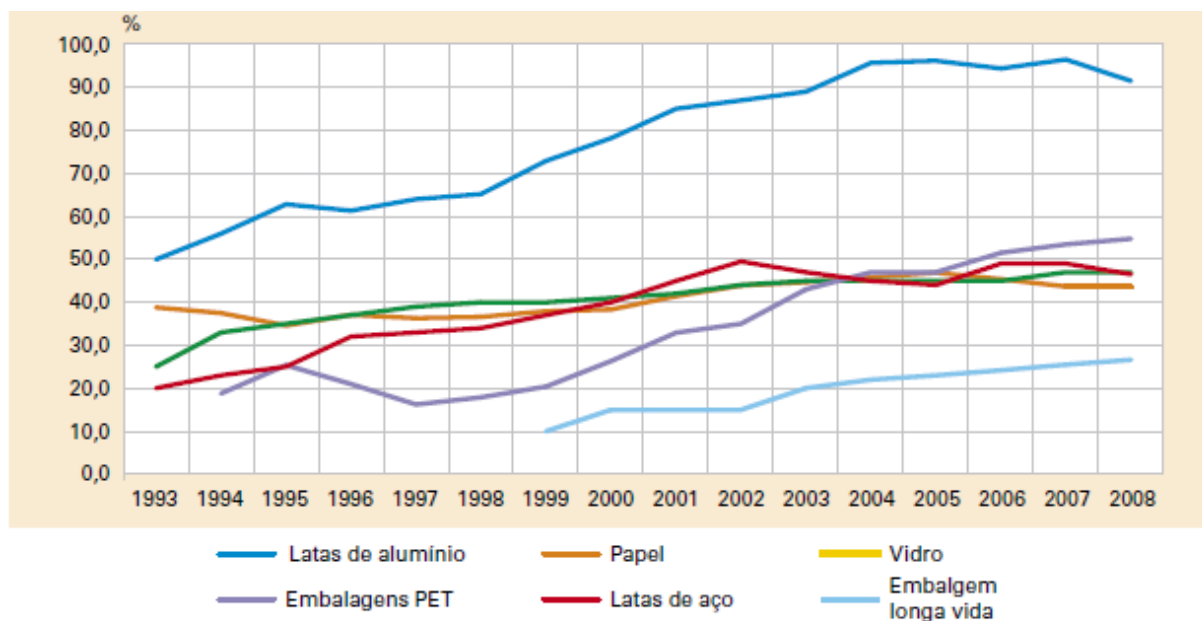
2.5 Reciclagem

O termo reciclagem ficou conhecido ao término da década de 1980, e atualmente é definido por diversos autores como um conjunto de técnicas que tem por finalidade aproveitar os detritos e reutiliza-los no ciclo de produção na qual originaram. Trata-se então do resultado de uma série de atividades pelas quais materiais que se tornariam lixo são coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de novos produtos.

Porém, a palavra designa reaproveitamento de materiais que possam retornar ao seu estado original, ou seja, que voltem a possuir, após o processo, todas as características de um produto novo. Entretanto, quando as características finais do material diferenciam-se daquelas iniciais tem-se reutilização ou reaproveitamento e não mais reciclagem.

Conforme a ARERJ (2012), o termo reciclagem significa reaproveitar o que já existe e não degradar novamente o meio ambiente para a fabricação de novos produtos, reduzindo o impacto ambiental provocado pela ação do homem; ou seja, devemos investir em reaproveitamento dos materiais ao invés de simplesmente descarte.

A reciclagem de materiais é um dos pontos mais importantes no gerenciamento sustentável de resíduos, assim como a reutilização e a redução da geração de resíduos é uma das atividades-chave para o enfrentamento do desafio representado pelo destino final dos resíduos sólidos, que compõem mundialmente a conhecida estratégia dos três R (Reduzir, Reutilizar, Reciclar). Diante disso, o senso do IBGE de 2010, disponibilizou um gráfico no qual é possível verificar os índices dos materiais reciclados no Brasil desde o ano de 1996 a 2006.



Fontes: Associação Brasileira do Alumínio - ABAL; Associação Brasileira de Papel e Celulose - BRACELPA; Associação Técnica Brasileira de Indústrias Automáticas de Vidro - ABIVIDRO; Associação Brasileira da Indústria do PET - ABIPET; Associação Brasileira de Embalagem de Aço - ABEAÇO; Associação Brasileira do Leite Longa Vida - ABLV; Compromisso Empresarial para Reciclagem - CEMPRE.

Figura 6 – Gráfico da proporção de materiais reciclados em atividades industriais.

Fonte: IBGE, 2010

Perante a análise do gráfico disponibilizado pelo estudo do IBGE 2010, é possível perceber que no Brasil, os altos níveis de reciclagem estão mais associados ao valor das matérias-primas, pois é notório que o material “latas de alumínio” encontra-se em ascendência e atualmente está no nível mais elevado do gráfico, devido ao fato que possuem maior valor de venda. Contudo a leitura do relatório do senso IBGE 2010 demonstra que o termo reciclagem em nosso país está associado aos altos níveis de pobreza e desemprego, e, não à educação e conscientização ambiental como ocorre em outros países que possuem fator econômico diferente do Brasil.

2.5.1 Utilização do alumínio e suas ligas

O alumínio é o terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre, possui peso específico de 2.700 kg/m^3 (a 20°C) e ponto de fusão correspondente a 660°C . O material apresenta ainda boa condutibilidade térmica e elétrica, assim como, possui boa resistência à

corrosão. Devido a essas características o alumínio tornou-se o metal mais importante após o ferro, e, atualmente, os maiores produtores são os Estados Unidos e o Canadá.

O alumínio pode ser facilmente fundido e trabalhado a frio (laminação, extrusão, prensagem, etc), isso fica evidente nas folhas de papel alumínio, na qual o alumínio praticamente puro é laminado até atingir a espessura desejada, porém a facilidade de usinagem depende da composição.

As ligas de alumínio são endurecidas através de deformação plástica a frio. Contudo são divididas em quatro tipos de ligas, alumínio-cobre; alumínio-silício; alumínio-magnésio e alumínio-estanho. Assim sendo, as latas de alumínio, usualmente utilizadas para armazenar líquidos, sejam eles gasificados ou não, são produzidas sobre a liga alumínio-magnésio que possui a seguinte característica: “Melhor combinação de propriedades mecânicas, resistência à corrosão e usinabilidade”.

2.5.2 Reciclagem de latas de alumínio

Segundo a Associação Brasileira de Alumínio (ABAL, 2012), a reciclagem de latinhas de alumínio consiste em basicamente no derretimento do material. Esse processo está em vasta expansão, e tem garantido ao Brasil a liderança mundial na atividade há dez anos. Somente em 2010 o país reciclou 97,6% do que produziu, ou seja, foram 239,1 mil toneladas de sucata de latas recicladas.

Contudo, este processo é visto como economicamente viável, pois somente com a reciclagem de apenas uma lata economiza-se energia que poderia manter uma TV ligada durante 3 horas. Salienta-se ainda que a sucata de alumínio promove ganho financeiro sustentável para um milhão de brasileiros de baixa renda, e somente em 2010, foram inseridos mais de R\$ 555 milhões na economia nacional (ABAL, 2012).

Entretanto, hoje um catador de latinhas ganha R\$ 3,01 por 1 kg do metal, ou seja, ele precisa de 74 latas amassadas para compor esse 1 kg do metal. Todavia, há ainda um fator a ser considerado pelos recicladores, o preço pago pelo Kg da sucata de alumínio pela indústria recicladora, que variam, e essa variação pode ser analisada na tabela a baixo que é realizada semanalmente pela Fundação Getulio Vargas.

PREÇOS MÉDIOS DE SUCATA DE ALUMÍNIO
PREÇO PAGO PELA INDÚSTRIA

Descrição		Preço Médio (R\$/Kg)	Em relação a semana anterior	Em relação a mesma semana do mês anterior	Em relação a mesma semana do mesmo mês do ano anterior
			Variação(%)		
1ª Semana Junho/2012	Bloco	2,86	1,1	1,1	-4,0
	Chaparia	3,45	1,5	1,2	-0,6
	Latas Prensadas	3,01	0,7	1,7	-10,7
	Latas Soltas ou Enfardadas	2,83	0,0	2,2	-9,0
	Panela	3,76	1,1	1,3	1,1
	Perfil Branco	4,09	0,2	-0,5	-7,3
	Perfil Misto	3,60	0,3	-0,8	-5,3
2ª Semana Junho/2012	Bloco	2,84	-0,7	0,4	-4,7
	Chaparia	3,43	-0,6	0,3	-1,7
	Latas Prensadas	3,01	0,0	1,3	-10,9
	Latas Soltas ou Enfardadas	2,84	0,4	2,2	-9,0
	Panela	3,72	-1,1	0,0	0,0
	Perfil Branco	4,08	-0,2	0,5	-7,3
	Perfil Misto	3,57	-0,8	-0,6	-6,5

Importante:

1. Preço coletado junto aos compradores de sucata, conhecidos por Indústrias Recicladoras, na condição à vista, com frete, sem impostos.
2. Refere-se às negociações realizadas pelas Indústrias Recicladoras, informantes da pesquisa localizadas nos Estados de Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro.
3. Os campos assinalados com "(X)" possuem menos de (3) três cotações, no período de referência ou no período anterior; por isso foram removidos de sua posição original a fim de preservar o sigilo estatístico.
4. Os campos assinalados com "-" não apresentaram nenhuma cotação para o período de referência.
5. As descrições completas dos tipos de sucatas de alumínio podem ser consultadas na publicação "Tabela de Classificação de Sucatas de Alumínio", disponível no site da ABAL - www.abal.org.br

Fonte: Fundação Getulio Vargas - FGV.

Figura 7 – Preços da sucata de alumínio

Fonte: Associação Brasileira de Alumínio – ABAL

Conforme dados do International Aluminium Institute, a reciclagem de latas de alumínio além dos benefícios sociais e econômicos que seu processo produz, ele ainda favorece o meio ambiente, porque o processo de reciclagem utiliza apenas 5% da energia elétrica e libera somente 5% das emissões de gás de efeito estufa quando comparado com a produção de alumínio primário.

A reciclagem do metal traz como vantagem sua rapidez, pois em aproximadamente 30 dias, uma latinha de alumínio que passou pelo processo de reciclagem pode ser comprada no supermercado novamente, utilizada, coletada, reciclada e voltar às prateleiras para o consumo.

A associação brasileira do alumínio (ABAL) descreve o processo de reciclagem em dez etapas na forma de fluxograma, o qual pode ser visualizado abaixo.

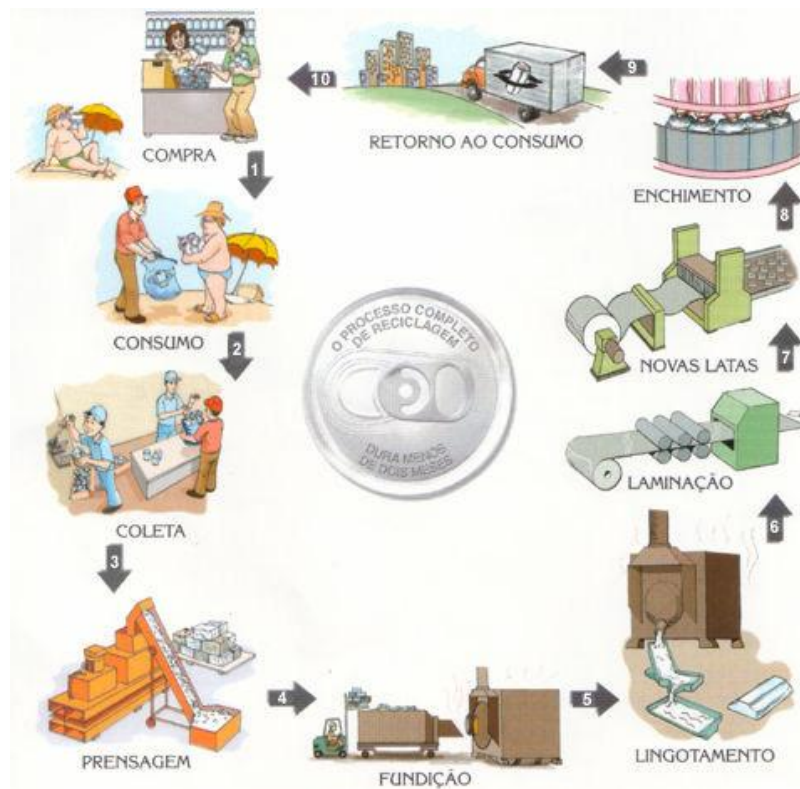


Figura 8 – Processo de Reciclagem do Alumínio.

Fonte: ABAL, 2012

Conforme a figura a cima, podemos visualizar de uma forma análoga o foco deste trabalho que se concentra na 3ª etapa descrita na figura acima, ou seja, na prensagem das latas de alumínio. Diante disso, o próximo tópico descreve sucintamente o posto de trabalho do colaborador, ou seja, a visão ergonômica do serviço de deformar latas de alumínio manualmente.

2.6 Ergonomia

A palavra “Ergonomia” vem de duas palavras Gregas “ergon” que significa trabalho e “nomos” que significa leis. Assim sendo, a International Ergonomics Association (IEA) define ergonomia como sendo o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia, ou seja, ergonomia é o estudo científico da relação entre o homem e seus meios, métodos e espaços de trabalho. Contudo, para o autor Lima (1995), a ergonomia é definida como “ciência transdisciplinar cuja especificidade está dada pelo objetivo teórico-prático de conhecer e transformar o trabalho, se apoiando em análises de situações reais”.

Concomitantemente, a Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO), define ergonomia como o estudo da adaptação do trabalho às características fisiológicas e psicológicas do ser humano. Portanto, no enfoque ergonômico, as máquinas, equipamentos, ferramentas e materiais devem ser adaptados às características do trabalho e capacidades do trabalhador, visando promover o equilíbrio corpóreo e a priorização da redução das contrações estáticas da musculatura e a produtividade do sistema.

Esse estudo faz-se necessário, no projeto da prensa de amassar latas com funcionamento pneumático, porque se almeja descrever as ações corpóreas do colaborador em seu posto de trabalho e por ventura a vantagem da introdução da automação no processo de deformar as latas. Neste quesito, a avaliação dos movimentos corpóreos dos trabalhadores no processo é importante, pois demonstrará se o colaborador está executando sua atividade de forma ergonomicamente correta.

2.6.1 Biomecânica ocupacional

A biomecânica ocupacional é uma parte da biomecânica geral que se ocupa dos movimentos corporais e forças relacionadas ao trabalho. Assim, preocupa-se com as interações físicas do trabalhador, com o seu posto de trabalho, máquinas, ferramentas e materiais, visando reduzir os riscos de distúrbios músculo-esqueléticos, ou seja, analisa basicamente a questão das posturas corporais no trabalho, a aplicação de forças, bem como suas consequências (IIDA, 2005).

2.6.2 Visão ergonômica do posto de trabalho

O autor Iida (2005), define posto de trabalho como sendo a configuração física do sistema homem-máquina-ambiente. Assim sendo, o estudo deste quesito pela ergonomia é de extrema importância, em virtude que nas organizações os funcionários estão sujeitos a riscos ergonômicos nas atividades que exercem, como por exemplo, trabalho físico pesado, posturas incorretas, repetitividade de movimentos, ritmo excessivo e etc.

Em vista disso, a ergonomia aborda pontos específicos para identificar os riscos nos postos de trabalho, como é o caso dos estudos epidemiológico que são: As lesões por esforços repetitivos (LER) ou os Distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT).

Por conseguinte, neste contexto, o trabalho de amassar as latas de alumínio, executado manualmente pelo colaborador, encaixa-se na metodologia LER/DORT, pois o trabalho manual de amassar as latas de alumínio nos centros de reciclagem é efetuado de forma repetitiva, e, exige força muscular dos membros inferiores dos colaboradores. Em virtude disso, essa atividade é caracterizada com uma síndrome relacionada ao trabalho, pois poderá vir a apresentar ao funcionário sintomas, tais como: dor, fadiga, compressão de estruturas anatómicas dos sistemas osteomusculares, em virtude da falta de tempo para sua reposição. Assim sendo, essa atividade remunerada é classificado na ergonomia como “trabalho dinâmico”.

Trabalho dinâmico ocorre quando há contrações e relaxamentos alternados dos músculos, como nas tarefas de martelar, serrar, por exemplo. Esse movimento funciona como uma bomba hidráulica, ativando a circulação nos capilares, aumentando o volume do sangue circulado em até 20 vezes, em relação à situação repouso. O músculo passa a receber mais oxigênio, aumentando a sua resistência à fadiga (IIDA 2005).

Por conseguinte, a força aplicada na perna do funcionário, e, a periodicidade deste movimento, para deformar a lata de alumínio, está positivamente correlacionada ao aparecimento de traumas cumulativos, pois os movimentos humanos resultam das contrações musculares.

2.6.3 Custo e benefício da ergonomia

Partindo do princípio que a ergonomia é uma ciência que busca interação harmoniosa entre o homem e seu trabalho, na qual almeja propiciar conforto físico e mental, pode-se descrever que o principal objetivo da ergonomia é proporcionar ao funcionário trabalho com segurança e conforto, para que obtenha uma melhor eficiência, garantindo ao empregador, portanto, prevenção de patologias ocupacionais e aumento da produtividade.

Salienta-se que o estudo e aplicabilidade, deste projeto, contribuirão na promoção de melhoria no posto de trabalho do colaborador, pois o processo de amassar latinhas manualmente traz risco à saúde do funcionário, como já relatado, devido ao fato que gera ao mesmo, em um curto período de tempo, em decorrer da repetitividade dos movimentos com os membros inferiores, doenças associadas aos riscos ergonômicos, como por exemplo, a tendinite que se caracteriza como uma síndrome de excesso de uso em resposta a inflamação local devido à microtraumas.

A síndrome ocorre quando a demanda é contínua no tecido sem que ocorra um tempo adequado para cicatrização. Assim sendo, a automação do processo de deformação das latas com a introdução da prensa pneumática, substituirá a intervenção humana no processo garantindo ao colaborador, portanto, melhoria de qualidade de vida.

Entretanto, a análise do custo/benefício deve ser favorável assim como em qualquer outra atividade do setor produtivo. Em vista disso, a mesma indica de um lado, o investimento necessário para implementar um projeto ergonômico, que apresenta custos com aquisição de máquinas, materiais e equipamentos, treinamento dos colaboradores entre outros. Porém por outro lado são contabilizados os benefícios, ou seja, redução dos acidentes de trabalho, absenteísmos e aumento da qualidade e produtividade.

3. PROJETO E DIMENSIONAMENTO DA PRENSA PNEUMÁTICA

Este projeto caracteriza-se por ser uma pesquisa aplicada, na qual apresenta uma concepção de uma prensa de latas com funcionamento pneumático. Contudo, para desenvolver a mesma procurou-se inicialmente por trabalhos que apresentassem aspectos parecidos com os que se pretende descrever neste projeto, porém pode ser observado que é um tema pouco explorado pelo setor acadêmico científico.

Em vista disso, em prol de uma aplicabilidade da prensa pneumática desenvolvida neste trabalho, orientou-se o estudo de funcionamento da prensa para amassar latas de alumínio de até 470 ml, que apresentam a especificação técnica de aproximadamente 6,5 cm de diâmetro e 16 cm de altura, sendo desenvolvida para atuar no setor de reciclagem de pequenos centros de recicladores.

3.1 Motivos que levaram a optar por uma prensa pneumática ao invés de uma prensa hidráulica

A prensa pneumática com funcionalidade para amassar latas começou seu desenvolvimento com o estudo das principais tecnologias que poderiam ser aplicadas, ou seja, uma aplicação com atuadores pneumáticos ou hidráulicos. Todavia, esse estudo se caracterizou como indispensável, em virtude que a escolha do funcionamento limita a aplicabilidade da prensa, caracterizando-se, na engenharia de produto, como processos por projeto, que têm por finalidade o atendimento específico de uma necessidade, neste caso, a deformação de latas de alumínio de até 473 ml.

Partindo desse princípio, verifica-se que a hidráulica e a pneumática são uma parte da automação industrial que estão associadas a movimentos, porém diferenciam-se na sua aplicabilidade. A hidráulica é apropriada para projetos que necessitem de força e precisão do movimento, porém esse funcionamento tem por característica apresentar custos elevados em virtude de seus componentes. Já a pneumática é apropriada para projetos que necessitem de velocidade e facilidade de instalação e apresenta como característica custos de implantação relativamente baixos.

Contudo, como esse projeto pressupõe, em um dos seus objetivos específicos, apresentar a viabilidade econômica, a escolha do funcionamento mecânico priorizada foi o pneumático, pois oferece um incremento da produção com investimentos relativamente pequenos, ou seja, apresenta vantagens mais efetivas do que uma prensa hidráulica para o presente projeto desenvolvido.

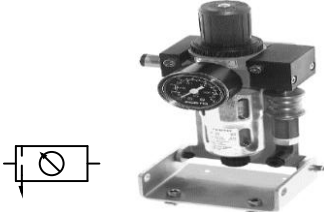
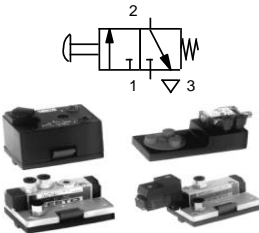
A comprovação deste argumento pode ser analisado na tabela 1, assim como pode ser verificado na pesquisa orçamentária do custo de aquisição dos componentes e seu valor de manutenção. Todavia, outro fator que levou a optar por esse funcionamento mecânico foi a facilidade de implementação, resistência a ambientes hostis e simplicidade de manutenção.

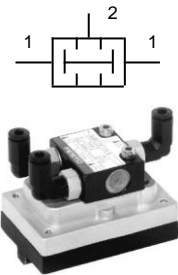
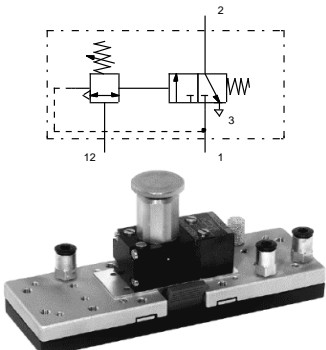


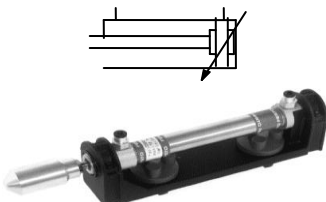


3.2 Desenvolvimento da prensa pneumática

O autor Negri (2011), salienta que a pneumática vem ampliando sua presença na indústria devido a sua capacidade de realizar ações rápidas de forma segura, essencialmente, em atuações mecânicas com equipamentos de ciclos operacionais complexos.

Assim sendo, partiu-se para o estudo técnico dos componentes necessários para compor a prensa de latas com funcionamento pneumático desenvolvida neste trabalho, e, os mesmos são descritos abaixo.

Tabela 2 – Componentes utilizados para compor o funcionamento da prensa.

Quantidade	Componentes	Características
1		Unidade de condicionamento (consiste em filtro, válvula reguladora de pressão com manômetro e lubrificador).
2		Válvula de controle direcional com três vias e duas posições, normalmente fechada, acionada por pressão, com retorno por mola e botão de empurrar.

Quantidade	Componentes	Características
1		Válvula de simultaneidade (permite a emissão do sinal de saída quando existem os dois sinais de entrada).
3		Válvula de Sequência, possui o mesmo funcionamento da válvula limitadora. Abre-se a passagem quando é alcançada uma pressão superior a da mola, utiliza-se quando se faz necessário uma pressão fixa no processo.
2		Válvula de controle direcional de cinco vias e duas posições.
4		Válvula redutora de vazão com retorno livre.
2		Cilindro pneumático de ação dupla com amortecimento ajustável nos dois lados.
1		Indicador de pressão (Manômetro/ Vacuômetro).
1		Compressor de 24 Cv com 24 litros de reservatório.

Contudo, após a descrição dos componentes que se faz necessário para compor o funcionamento da prensa, passou-se, portanto, a desenvolver na bancada da Parker, disponível na universidade, o primeiro teste do funcionamento de todo o sistema, porém utilizando-se somente um atuador pneumático, como pode ser analisado na fotografia abaixo.

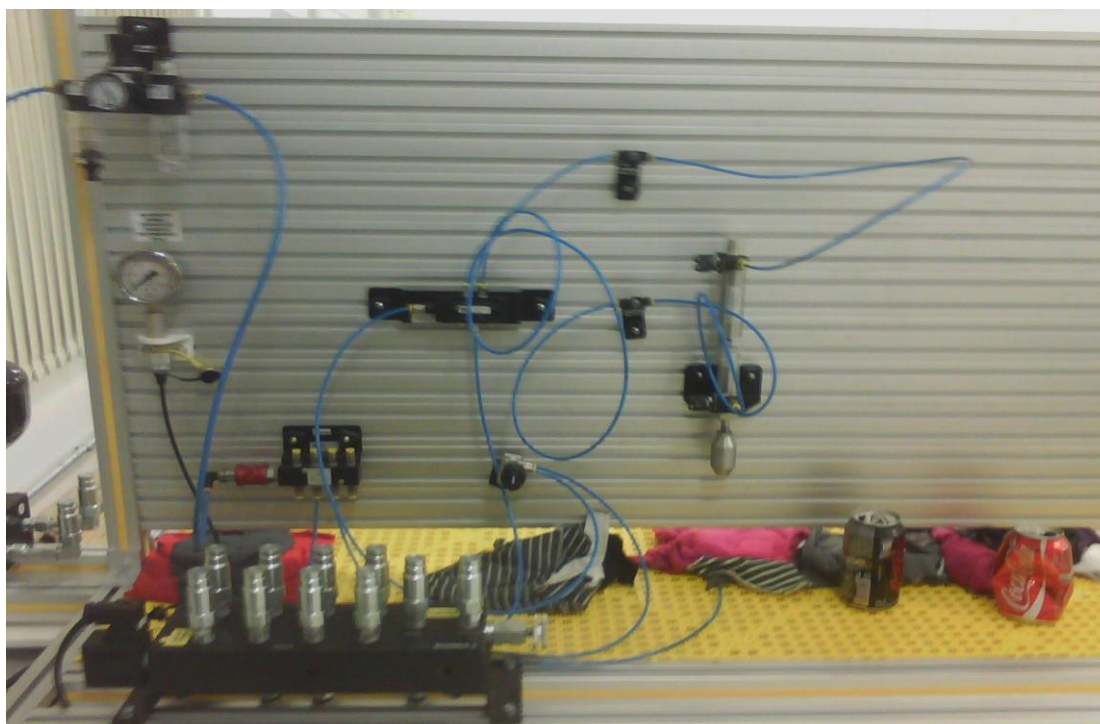


Figura 9 – Fotografia do primeiro teste do sistema pneumático na bancada de ensaios da Parker

Fonte: Autor

Neste teste, ficou evidenciado que se faz necessário o cálculo da pressão necessária para deformar uma lata de alumínio de até 473 ml, pois no mesmo é notório que o atuador utilizado não deformou a lata de alumínio com eficácia. Portanto o estudo da pressão necessária para deformar a mesma ajudará a selecionar e adequar o cilindro pneumático que efetuará o trabalho da forma mais eficiente. Assim sendo, passou a estudar o dimensionamento dos cilindros.

3.3 Estudo do dimensionamento dos cilindros

3.3.1 Dados iniciais

Salienta-se que os demais gráficos da resistência da lata encontram-se no Anexo A.

Força imposta sobre a lata para amassá-la: $600\text{N} = 60\text{ kg}$

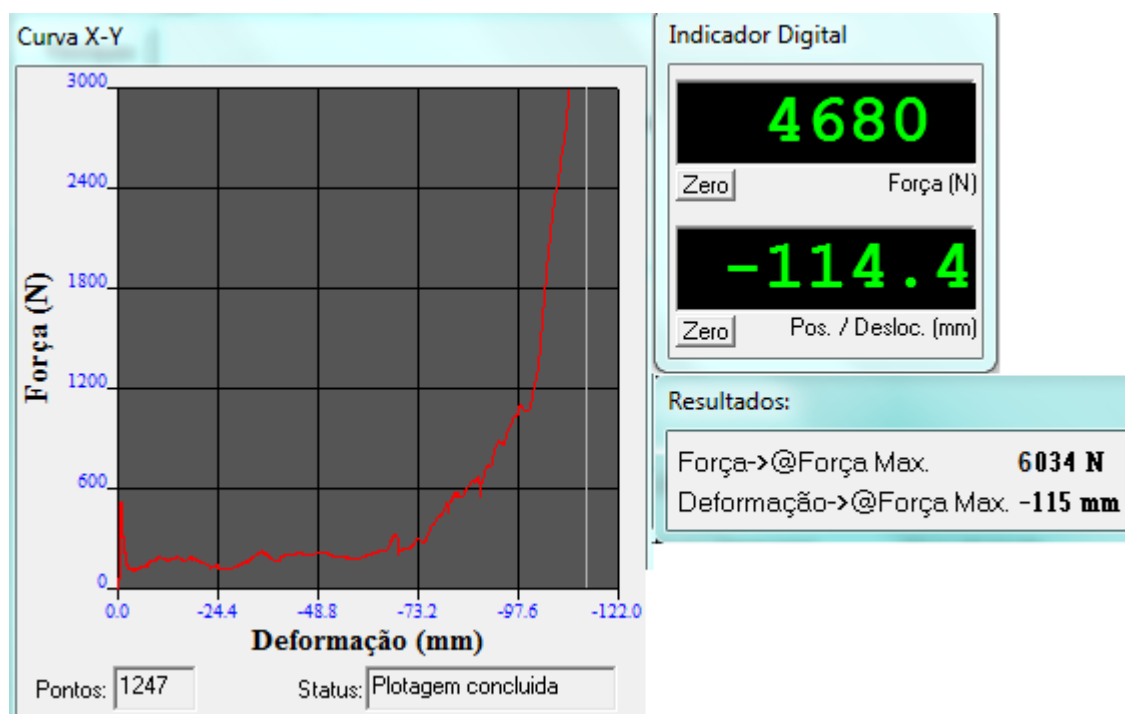


Figura 10 – Teste de compressão de uma lata de alumínio

Fonte: Máquina de compressão do CTISM

Em virtude deste teste, verificou-se que a lata de alumínio apresenta uma resistência a sua deformação no início da compressão, embora assim que esta resistência é vencida ela amassa com facilidade, porém ao aproximar da extremidade inferior da lata ela volta a ter uma resistência à deformação. Portanto como é apresentada, na figura 9, a deformação do sentido horizontal da lata é realizado com maior facilidade pelo cilindro, entretanto, não apresenta a uniformidade que se espera neste projeto. Assim sendo, os cálculos abaixo

demonstraram qual o cilindro pneumático mais adequado para o funcionamento eficaz da prensa.

Diâmetro da lata de 473 ml: 6,5 cm

Altura da lata: 16 cm

Pressão necessária: 6 kg/cm²

Partindo da fórmula da pressão que é descrita como $P = \frac{F}{A}$ temos:

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

$$A = \frac{60kg}{6 kg/m^2} = 10cm^2$$

Tendo a área do cilindro passamos a calcular o diâmetro necessário:

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 3,57 \text{ cm ou } 35,7 \text{ mm}$$

Sendo assim, o cilindro pneumático deverá ter diâmetro acima de 35,7 mm conforme demonstrado nos cálculos acima, porém além de saber o diâmetro do cilindro precisa-se ainda saber a sua capacidade de curso, ou seja, quanto que a haste deverá estender-se para atingir a lata.

Assim sendo, partindo-se que a lata de alumínio contém 160 mm de altura, a haste do cilindro pneumático mais adequado para esse projeto dar-se-ia com um cilindro que apresente curso de sua haste superior à altura da lata, portanto conforme pesquisa com fabricantes o atuador deverá ter 200 mm de curso em sua haste para atingir a lata de forma eficaz.

Contudo, após estabelecer os componentes necessários para o desenvolvimento da prensa pneumática, passou a ser estabelecido o estudo econômico do projeto, ou seja, iniciou-se o processo de pesquisa de preços com os fornecedores dos produtos requeridos pelo funcionamento da prensa, para que assim, fosse possível desenvolver o protótipo com o menor custo possível.

3.4 Análise do custo de produção da prensa pneumática

Custo é o gasto relativo na produção de bens e serviços que trazem retorno financeiro, ou seja, é o gasto efetuado na área fabril para produzir um produto “x” na linha de produção

(OSCAR, 2008). Assim sendo, o presente projeto apresenta, na tabela a seguir, o custo dos componentes necessários para manufaturar a prensa com funcionamento pneumático, na qual têm aplicabilidade em um centro de reciclagem com o intuito de amassar, deformar ou reduzir o volume inicial de latas de alumínio de até 473 ml.

Tabela 3 – Custo dos componentes da prensa pneumática

Item	Código	Descrição do Produto	Quant.	Preço Unitário	Preço Total
1	CME04014 11OD0400	Cil. ISO 15552 040 X 0400mm - PU - D/A - D/Am. Magnetico - Básico - Haste SAE 1045 Cromado. Perfil Mickey Mouse Alumínio Anodizado.	2	R\$ 285,20	R\$ 570,40
2	VC3317	Válvula de controle direcional ¼ - 3/2 vias - botão/mola	2	R\$ 77,39	R\$ 54,78
3	VC3597	Válvula de controle direcional ¼ - 5/2 vias - solenoide/mola	2	R\$ 77,47	R\$ 154,94
4	CF140	Válvula Controle de Fluxo ¼	4	R\$ 35,72	R\$ 142,88
5	M14P	Manômetro Painei ¼ BSP	1	R\$ 36,50	R\$ 36,50
6	114FRLMST	Unidade de condicionamento, Filtro Reg + Lub + Mnômetro + suporte mini ¼	1	R\$ 46,72	R\$ 46,72
7	13022475	Válvula de sequência	3	R\$ 62,10	R\$ 186,30
8	13022482	Válvula de simultaneidade	1	R\$ 58,72	R\$ 58,72
9	CT224	Compressor 2cv e 24L de reservatório	1	R\$ 367,90	R\$ 367,90
10	x	Fabricação do equipamento		R\$ 1.069,00	R\$ 1.069,00
				Valor Total	R\$ 2.788,14

Fonte: Autor

Diante do relatório de custo dos componentes apresentado na tabela acima, podemos fazer uma análise do valor total de sua produção, ou seja, necessita-se de um investimento de dois mil setecentos e oitenta e oito reais com quatorze centavos. Contudo, esse investimento tem seu retorno em um pequeno período de tempo, devido ao fato de que a prensa desenvolvida reduz o esforço humano e trás, como uma de suas vantagens, um incremento na produção.

A justificativa desta afirmação é garantida quando verificamos o projeto da prensa desenvolvido no software FluidSim, pois o mesmo apresenta uma programação de funcionamento ao qual é possível deformar sessenta latas em apenas um minuto enquanto as prensas com funcionalidade parecida pesquisas amassam vinte e cinco latas em um minuto . Outra vantagem desta prensa é a simplicidade de manipulação, assim sendo, não se necessita de funcionários altamente especializados para sua manipulação, fator esse que garante a mesma ser implantada nos mais diversos ambientes de reciclagem ao qual necessitam deste equipamento.

A prensa pneumática desenvolvida neste trabalho tem estudos de construção focalizados no meio ambiente, pois o processo de reciclagem de apenas uma lata de alumínio economiza energia que pode manter uma televisão ligada durante três horas; promove redução de consumo da energia elétrica em 95% e libera somente 5% das emissões de gás de efeito estufa quando comparado com a produção do alumínio primário.

No entanto, quando se analisa e se pesquisa as prensas desenvolvidas atualmente pelo mercado é notório encontrar prensas semelhantes à desenvolvidas neste trabalho, porém com valores de venda variando na faixa dos sete mil reais podendo até chegar a setecentos e cinquenta mil reais, conforme o material utilizado para sua fabricação, tamanho e também movimentação mecânica.

Todavia, a prensa desenvolvida neste projeto com foco de atuação em pequenos centros de reciclagem apresenta um meio de aumentar a produtividade com baixo custo de produção quando comparada com as vendidas no mercado, tornando-se, portanto eficaz, eficiente e competitiva.

3.5 Funcionamento da prensa pneumática para a deforma de latas de alumínio

A prensa pneumática desenvolvida neste trabalho é projetada para “amassar”, deformar ou reduzir o volume inicial de latas de alumínio com altura de aproximadamente 16 cm e diâmetro de aproximadamente 6,5 cm. O processo é descrito em quatro estágios, sendo o primeiro a introdução de latas de alumínio no reservatório que possui capacidade para vinte e três latas, o mesmo têm uma inclinação de 12 cm, para que a lata possa descer em prol da força da gravidade até o segundo estágio. No segundo estágio possui um cilindro pneumático com a função de posicionar a lata até o terceiro estágio, ao qual um segundo cilindro pneumático amassará a lata de alumínio na espessura desejada. Para finalizar um jato de ar, impulsiona a lata já amassada para o quarto estágio, ou seja, o estágio final, reservatório.

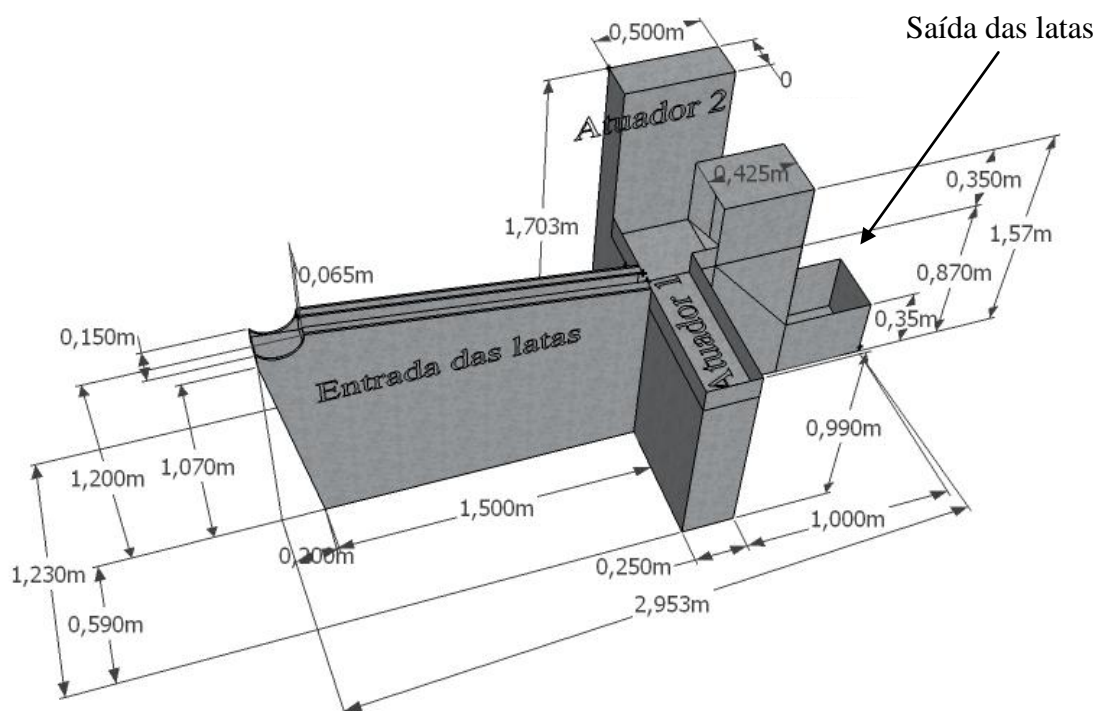


Figura 11 – Protótipo da prensa pneumática para amassar latas de alumínio de até 473 ml.

Fonte: Autor

3.5.1 Representação dos movimentos

A representação dos movimentos do funcionamento da prensa pneumática para amassar latas de alumínio é representado sob anotação em forma de tabela.

Em resumo, o processo de funcionamento da prensa dar-se-ia com a colocação das latas de alumínio em um reservatório ao qual elas desceram com auxílio da ação da gravidade, e então a haste do cilindro A avançará com a lata até o fim de seu curso, e quando chegar ao mesmo, o cilindro B inicia seu curso para deformar a lata, ou seja, ele avança. A partir desse processo a haste do cilindro A recua para reiniciar o processo, e, a haste do cilindro B executa o mesmo funcionamento com a mesma intenção. Portanto seu funcionamento através de indicação algébrica resume-se em (A+ B+ A- B-).

Tabela 4 – Anotação em forma de tabela

Movimento	Cilindro A	Cilindro B
1	Avança	Parado
2	Parado	Avança
3	Retorna	Parado
4	Parado	Retorna

Fonte: Autor

3.5.2 Diagramas de movimentos

a) Diagrama trajeto-passo

Neste diagrama, se representa a sequência de movimentos da prensa, ou seja, este diagrama representará os movimentos e as condições operacionais dos elementos de trabalho. Para tanto, uma das coordenadas representa o trajeto dos elementos de trabalho e outra os passos.

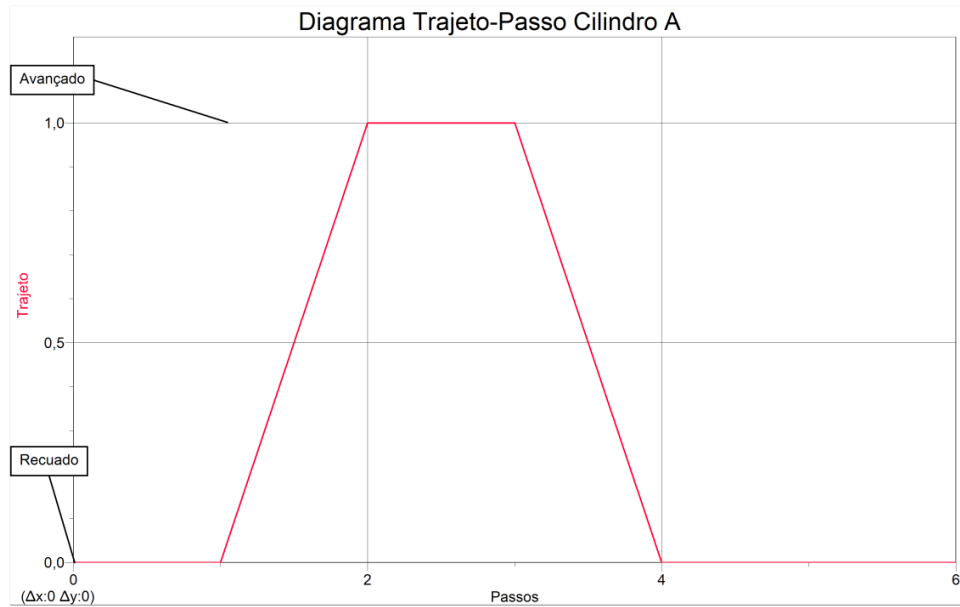


Figura 12 – Diagrama Trajeto- Passo do cilindro A

Fonte: Autor

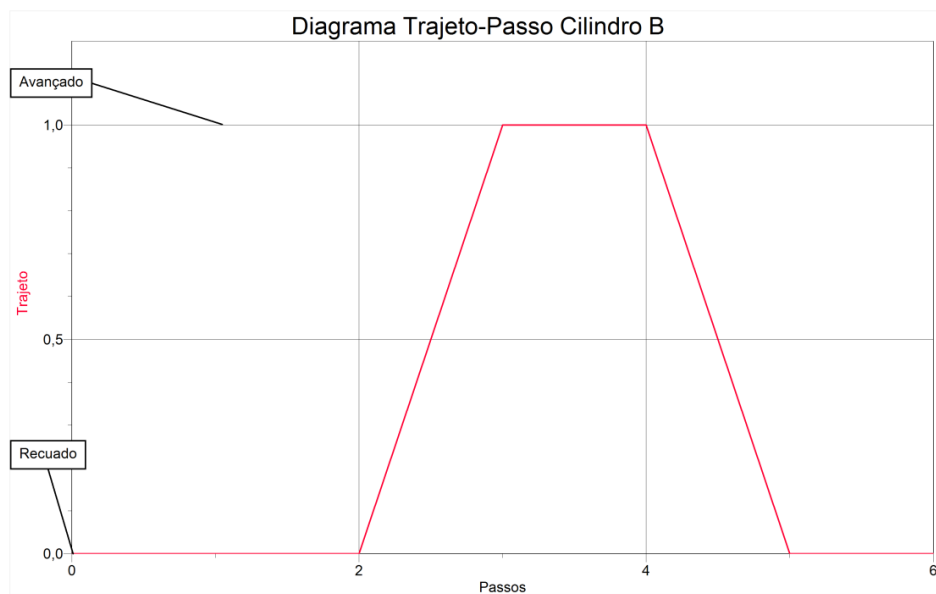


Figura 13 – Diagrama Trajeto- Passo do Cilindro B

Fonte: Autor

b) Diagrama trajeto-tempo

O tempo é desenhado e representa a união cronológica na sequência entre as distintas unidades.

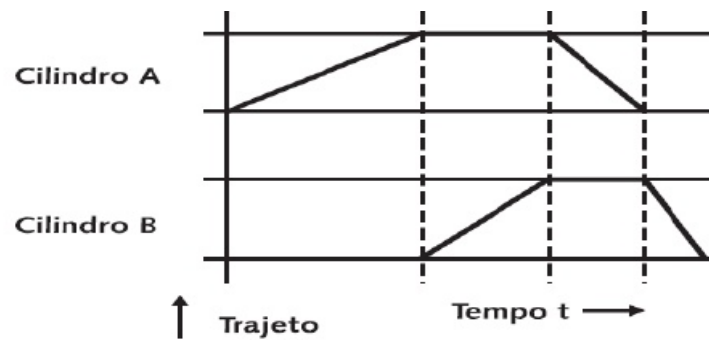


Figura 14 – Diagrama trajeto-tempo

Fonte: Autor

c) Diagrama de comando

Neste diagrama estão representados os estados de comutação dos elementos de entrada de sinais, assim como os de processamento de sinais.

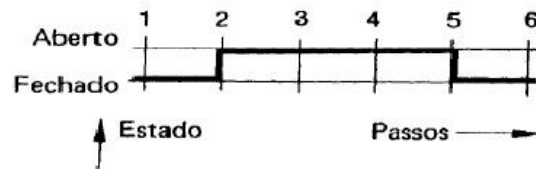


Figura 15 – Diagrama de comando

Fonte: Autor

Em vista disso, através do programa FluidSim, a programação da prensa pneumática pode ser elaborada como pode ser acompanhado e analisado nas figuras abaixo.

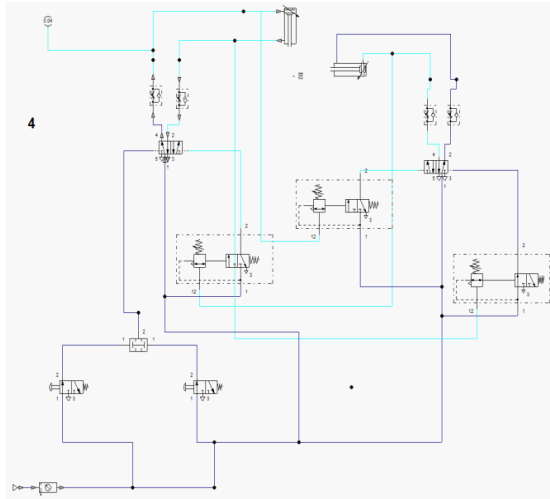


Figura 19 – Válvula de Simultaneidade transmitindo o ar aos componentes

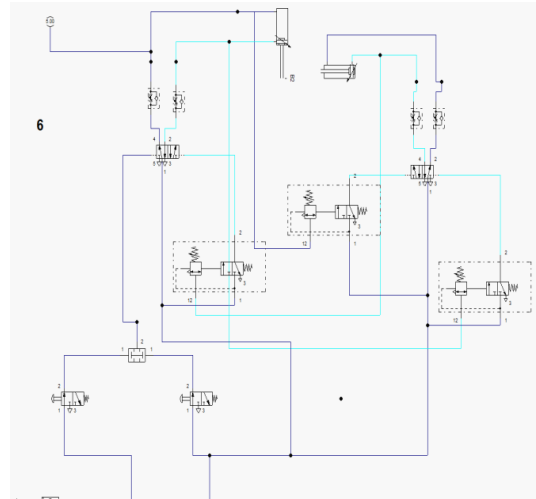


Figura 21 – Ar passando pela válvula redutora de vazão e acionando o cilindro A que posiciona a lata para compressão

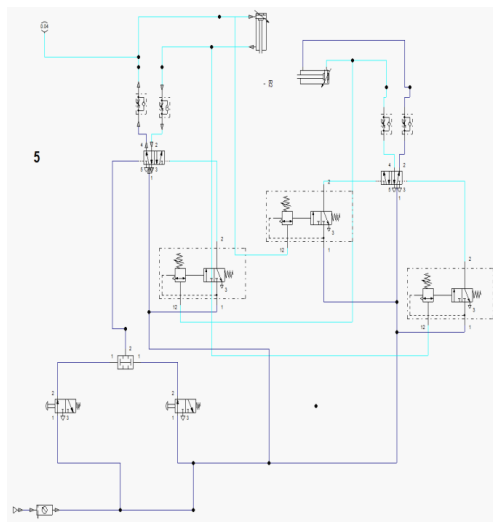


Figura 20 – Válvula direcional cinco vias duas posições inicia sua função

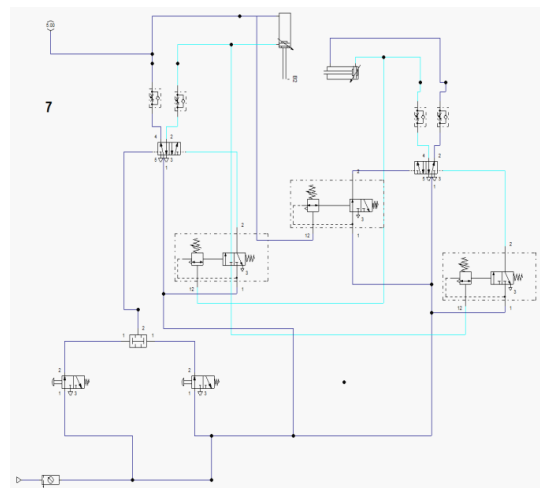


Figura 22 – Ao fim de curso do cilindro A, o ar é direcionado a acionar a primeira válvula de sequência

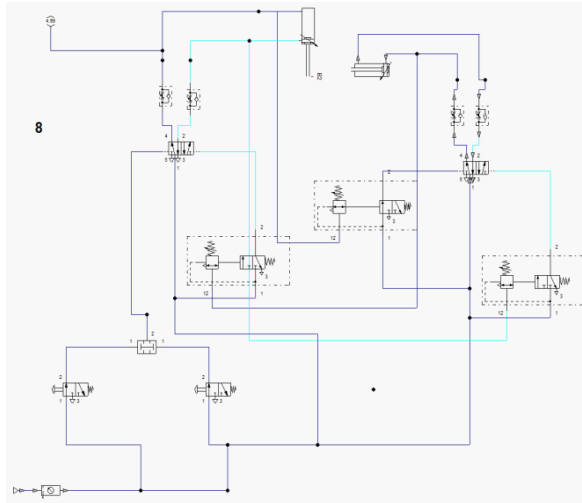


Figura 23 – Válvula de sequência 1 aciona a válvula de 5 vias e 2 posições.

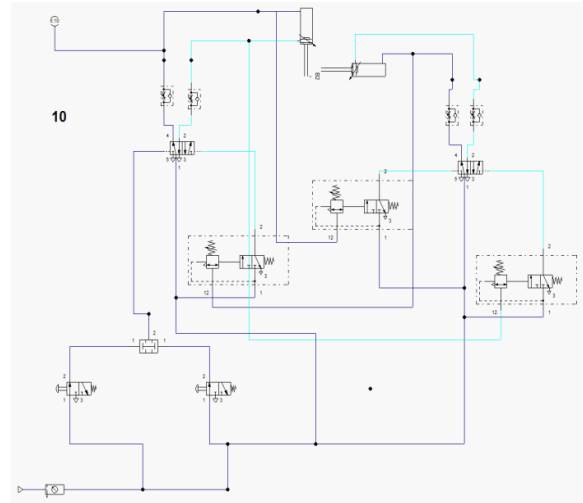


Figura 25 – Acionamento do cilindro B no qual deforma a lata

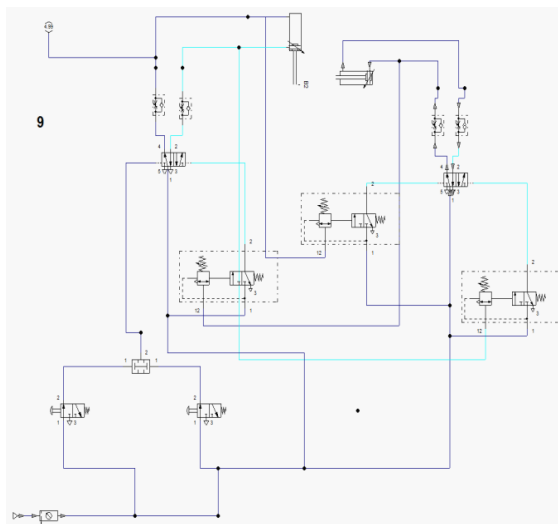


Figura 24 – Acionamento da primeira válvula de redutora de vazão.

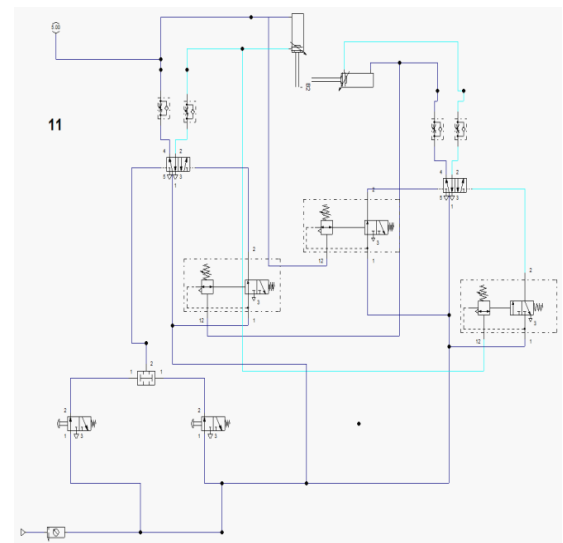


Figura 26 – Ao fim de curso do cilindro B, o mesmo aciona a segunda válvula de sequência.

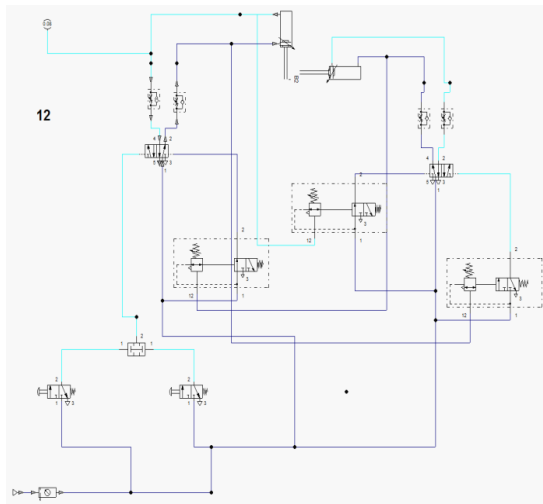


Figura 27 – A segunda válvula de sequência transfere o ar para a válvula de cinco vias e duas posições para que a mesma inverta sua posição.

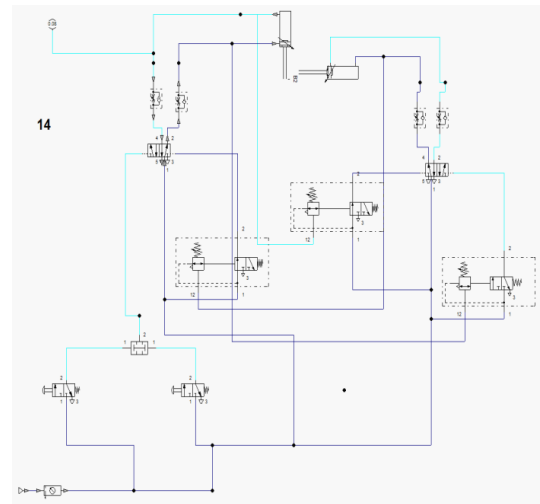


Figura 29 – A válvula cinco vias e duas posições aciona a terceira válvula redutora de vazão.

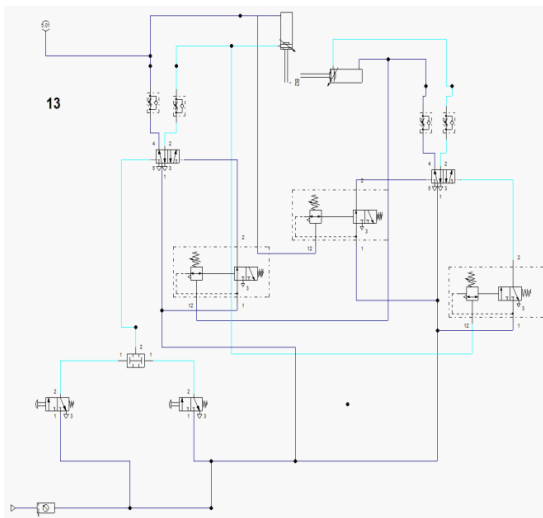


Figura 28 – A válvula de cinco vias e duas posições inverte novamente o seu sentido de passagem do ar.

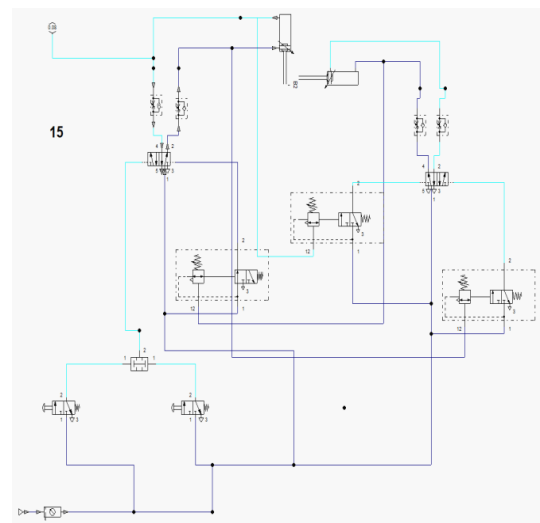


Figura 30 – O ar passa diante da válvula redutora de vazão e inicia a retomada da posição inicial do cilindro A.

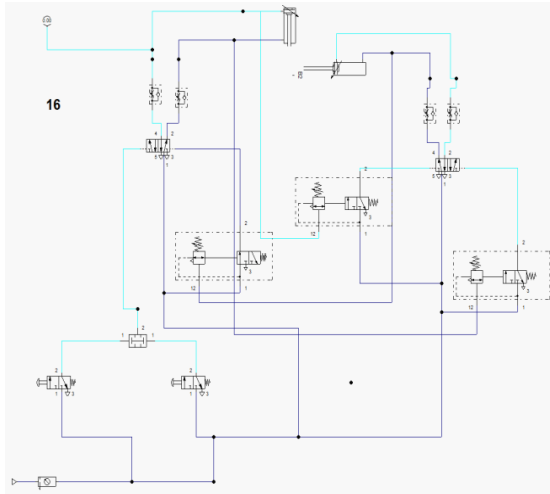


Figura 31 – Ao fim do retorno do cilindro A, ele aciona a terceira válvula de sequência.

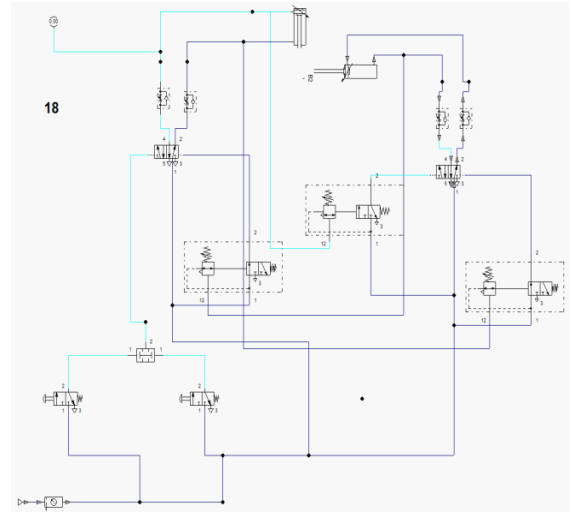


Figura 33 – Válvula cinco vias e duas posições inverte sua posição para liberação do ar.

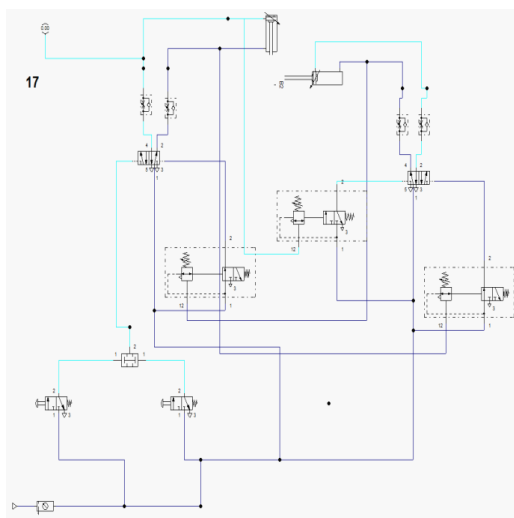


Figura 32 – A terceira válvula de sequência tem a função de liberar o ar para mover a segunda válvula cinco vias e duas posições com o intuito de liberar a passagem do ar.

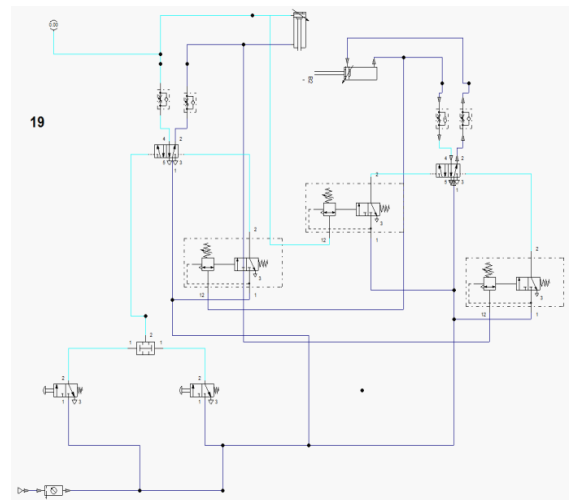


Figura 34 – A quarta válvula redutora de vazão é acionada para permitir a passagem do ar.

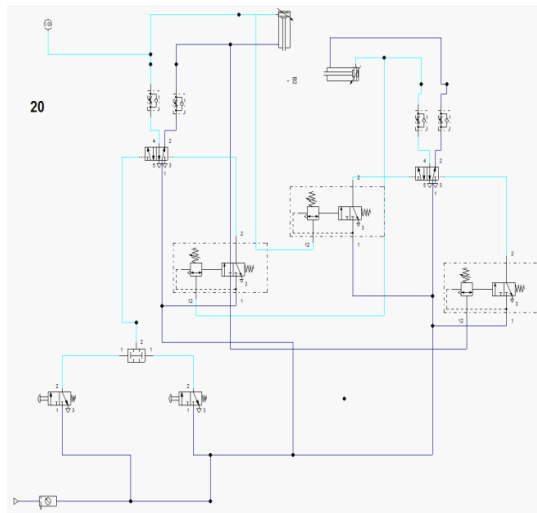


Figura 35 – O cilindro B retorna a sua posição inicial.

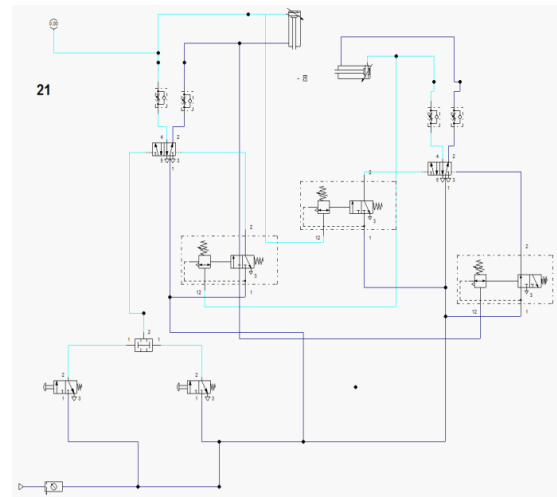


Figura 36 – Fim do processo da prensa, para reinicia-lo é preciso acionar o módulo de segurança bimanual.

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O presente trabalho de conclusão de curso com quesito parcial para obtenção de grau de técnico em automação industrial cumpriu com seu propósito traçado no objetivo geral e específico do mesmo.

Assim sendo, o resultado obtido foi a criação do funcionamento de uma prensa pneumática voltada para atuar em cooperativas de recicladores com o intuito de promover melhores condições de trabalho para os colaboradores.

A comprovação que o projeto é viável no quesito custo/benefício, e, que este estudo servirá de base para pesquisas sobre o assunto e provável aprimoramento deste projeto num futuro próximo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o professor Santo (2009) o termo automatização está ligado à sugestão de movimento automático, repetitivo, mecânico, e, é sinônimo de mecanização. Em vista disso, o presente trabalho apresentou a criação de uma prensa pneumática com funcionalidade de amassar latas de alumínio de até 473 ml. O sistema foi projetado para atuar em pequenos centros de recicladores com o objetivo de minimizar o tempo, e o esforço muscular do funcionário no processo de reciclagem das latas.

Em vista disso, para concluir, é interessante verificar se os objetivos deste trabalho foram alcançados e também, como foram alcançados. O objetivo geral deste projeto desdobra-se em três objetivos específicos. Portanto, se todos os objetivos específicos forem alcançados, pode-se concluir que o objetivo geral também foi alcançado. A seguir é feita a verificação dos objetivos específicos do trabalho.

a) Demonstrar as vantagens em usar uma prensa pneumática em relação ao trabalho manual.

A vantagem da introdução desse mecanismo apresenta-se no processo de deformação das latas de alumínio com maior eficácia, rendimento financeiro maior e melhoria no posto de trabalho. A introdução da prensa pneumática com aplicabilidade para deformar latas de alumínio em um setor de reciclagem garante ganhos ergonômicos para com o colaborador, pois a automação deste processo auxilia na redução das tarefas repetitivas, que exigiam esforço físico, e que contribuem para uma exaustão muscular dos funcionários que atuam nesse seguimento.

Em vista disso, a introdução da prensa, neste processo contribuirá com o aumento da produtividade, garante elevada eficiência, e, padrão de qualidade, assim como também permite a minimização do tempo de operacionalização do processo. A justificativa destes argumentos procede quando é analisado o mecanismo da prensa pneumática desenvolvida, na qual amassa sessenta latas em apenas um minuto e que sua implementação no processo de reciclagem pode aumentar a produtividade em até 40% quando comparada com o mecanismo físico humano de um colaborador.

b) Verificar o custo econômico do projeto.

Diante do relatório de custo dos componentes, verificou-se que o valor total da produção da prensa pneumática com foco para atuar em pequenos centros de recicladores é de

dois mil setecentos e oitenta e oito reais com quatorze centavos. Contudo, esse investimento trará um retorno financeiro para a cooperativa em um pequeno período de tempo, devido ao fato que a prensa desenvolvida reduz o esforço humano, diminuindo as lesões dos colaboradores e em consequência dos atestados médios de afastamento, e, trás, como uma de suas vantagens, um incremento na produção de até 40% quando comparada com o trabalho manual.

c) Analisar a eficiência e eficácia da operação da prensa pneumática.

Para comprovar a eficiência do projeto da prensa pneumática com aplicabilidade para deformar latas de alumínio de até 473 ml é descrito as vantagens que a mesma proporciona aos processos fabris deste seguimento, ou seja, a redução de custos operacionais, rapidez nos movimentos pneumáticos, liberação de operários de operações repetitivas, possibilita o aumento do ritmo de trabalho e em consequência da produtividade. E para comprovar a eficácia é notório que a prensa pneumática desenvolvida, apresente simplicidade de manipulação, facilidade de implementação e garanta auto rendimento, pois em apenas um minuto, sessenta latas são deformadas.

Dessa forma, concluí-se que o projeto de criação de uma prensa pneumática baseada em estudos de casos de aplicação de prensa pneumática em processos semelhantes, metodologias, referências, e, principais critérios para aplicação de prensas pneumáticas renderam a criação de uma prensa pneumática eficiente, eficaz e economicamente viável. Assim sendo, concluí-se que os objetivos planejados para este trabalho foram alcançados.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestão para trabalhos futuros, torna-se interessante que sejam explorados assuntos que não estão no escopo deste projeto, mas têm este assunto como ponto de partida. Em vista disso, proponho que sejam estudados assuntos que não foram abordados nesse trabalho.

- a) Como já foi mencionado, este trabalho preocupa-se com a projeção de uma prensa pneumática em um processo de reciclagem, desenvolvida através do software FluidSim, ou seja, esse estudo não propõe a analisar prensas já existentes. Seria interessante, portanto analisar o estudo de uma forma mais ampla que componha a verificação dos modelos existentes no mercado, e, a projeção para desenvolver

uma prensa mais flexível, ou seja, que não amasse só latas de alumínio, mas sim até mesmo que possa prensar papelões por exemplo.

- b) Recomenda-se utilizar esse estudo como base para outros trabalhos que apresentem o mesmo foco. Sugere-se então, que seja verificada a possibilidade de incluir técnicas que ainda não foram aplicadas neste projeto, como por exemplo, controladores lógicos programáveis, sensores capacitivos. Com o intuito de aprimorar e readequar os automatismos utilizados neste projeto.
- c) Este trabalho preocupa-se com a viabilidade econômica de sua projeção, portanto salienta-se que em prol de reduzir ainda mais o custo de fabricação do mecanismo, sugere-se utilizar chaves fim de curso no lugar das válvulas de sequência.
- d) A técnica proposta neste trabalho compõe-se basicamente de simulações computacionais dos processos necessários para que seu funcionamento seja eficaz, porém sugere-se que para projetos futuros seja construído fisicamente o protótipo em prol de comprovar a teoria com a prática de forma mais palpável, e, para possíveis vendas de réplicas.
- e) Por fim, sugere-se que os projetos futuros de mesmo foco, deste trabalho, apresentem um estudo de caso na área ergonômica do posto de trabalho do colaborador de um centro de reciclagem para que assim possa demonstrar melhor os resultados positivos que o mecanismo automatizado garante ao colaborador e também para que possa demonstrar os riscos que o processo repetitivo causa ao mesmo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BONACORSO, Nelson Gause; NOLL, Valdir. **Automação eletropneumática**. São Paulo: Editora Érica, 2004.

DIN/ ISO 6431 e 6432 – 1929, de agosto de 1978.

DIN/ISO 5598. Sistemas e Componentes Hidráulicos e Pneumáticos.

FESTO: Pneumatic Festo. Catálogo de fornecimento. 2. ed. São Paulo, 1982.

FIALHO Arivelto Bustamante. **Automação pneumática**. 7. ed. São Paulo: Editora Érica, 2011.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas Técnicas para Trabalho Científico – com explicitação das normas da ABNT**. Registro na Biblioteca Nacional n 82.579.

GROOVER P. Mikell. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3. ed. Editora Pearson, 2010.

GUIMARÃES NETO, Oscar. **Análise de custo**. Curitiba, 2008, ISBN 978-85-7638-8654.

HARRY L. Setewart. **Pneumática e hidráulica**. Ed. Hemus.

IIDA Itiro. **Ergonomia projeto e produção**. 2. ed. 2005, ISBN 85-212-0354-3.

KRAJEWSKI, Lee et. al. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Editora Prentice Hall, 2009.

LIMA, Francisco de Paula Antunes. **Introdução à análise ergonômica do trabalho**. Belo Horizonte: UFMG, 1995.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. ISSN 1517-1450, Estudos e Pesquisas informação Geográfica, n. 7, Brasil, 2010.

NEGRI, Victor Juliano de. **Sistemas hidráulicos e pneumáticos para atuação e controle: parte II – Sistemas pneumáticos para automação**. Centro Tecnológico Universidade Federal de Santa Catarina, registro 358.561 - livro 602, Florianópolis, 2011.

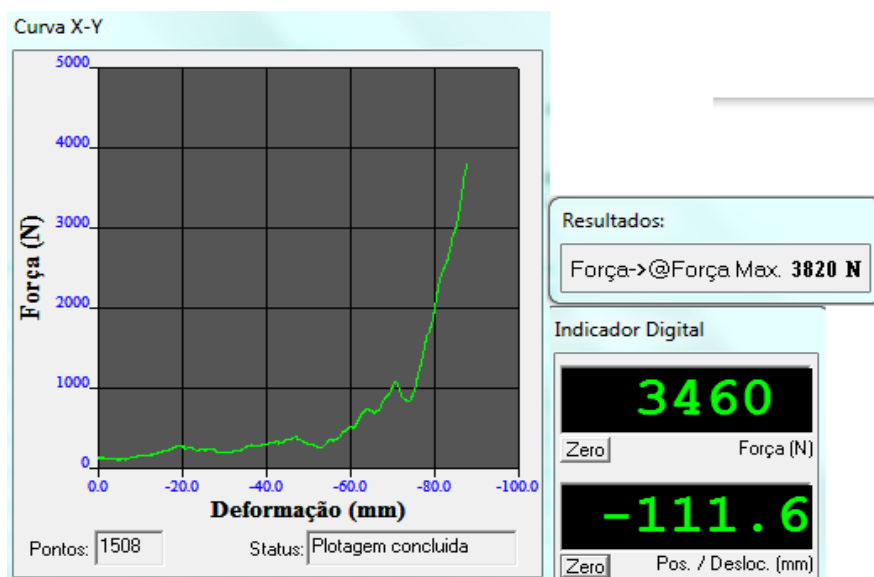
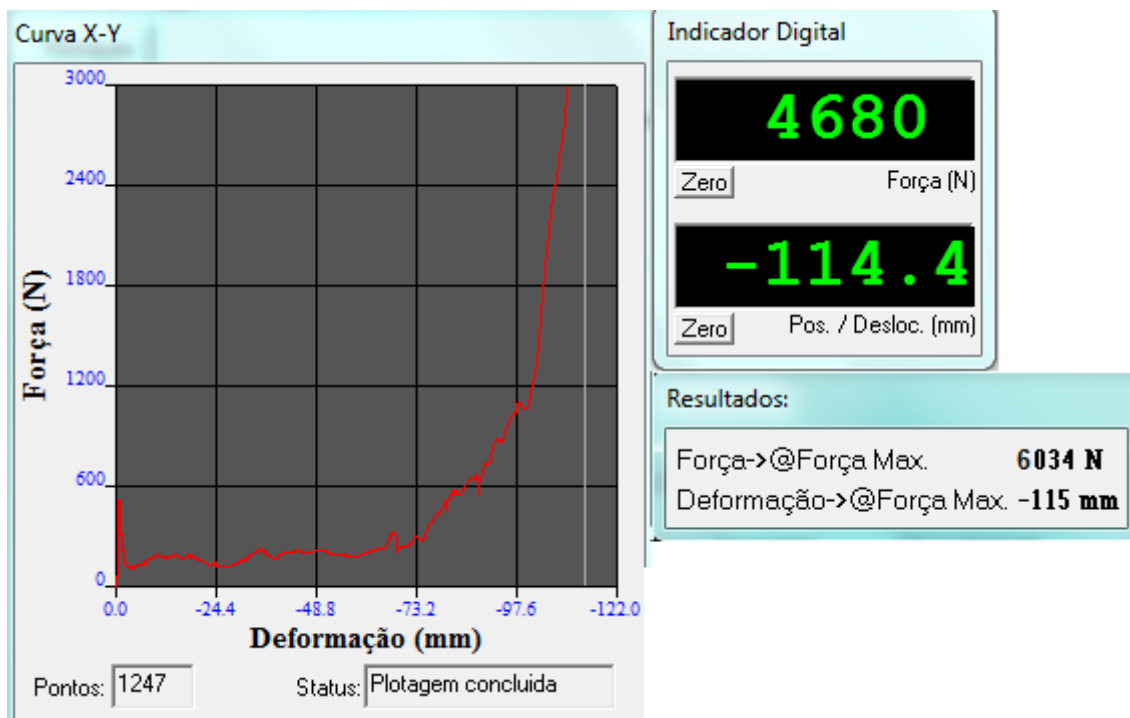
PARKER: Parker Automation, Tecnologia Pneumática Industrial. Catálogo M1001-2 BR – SP.

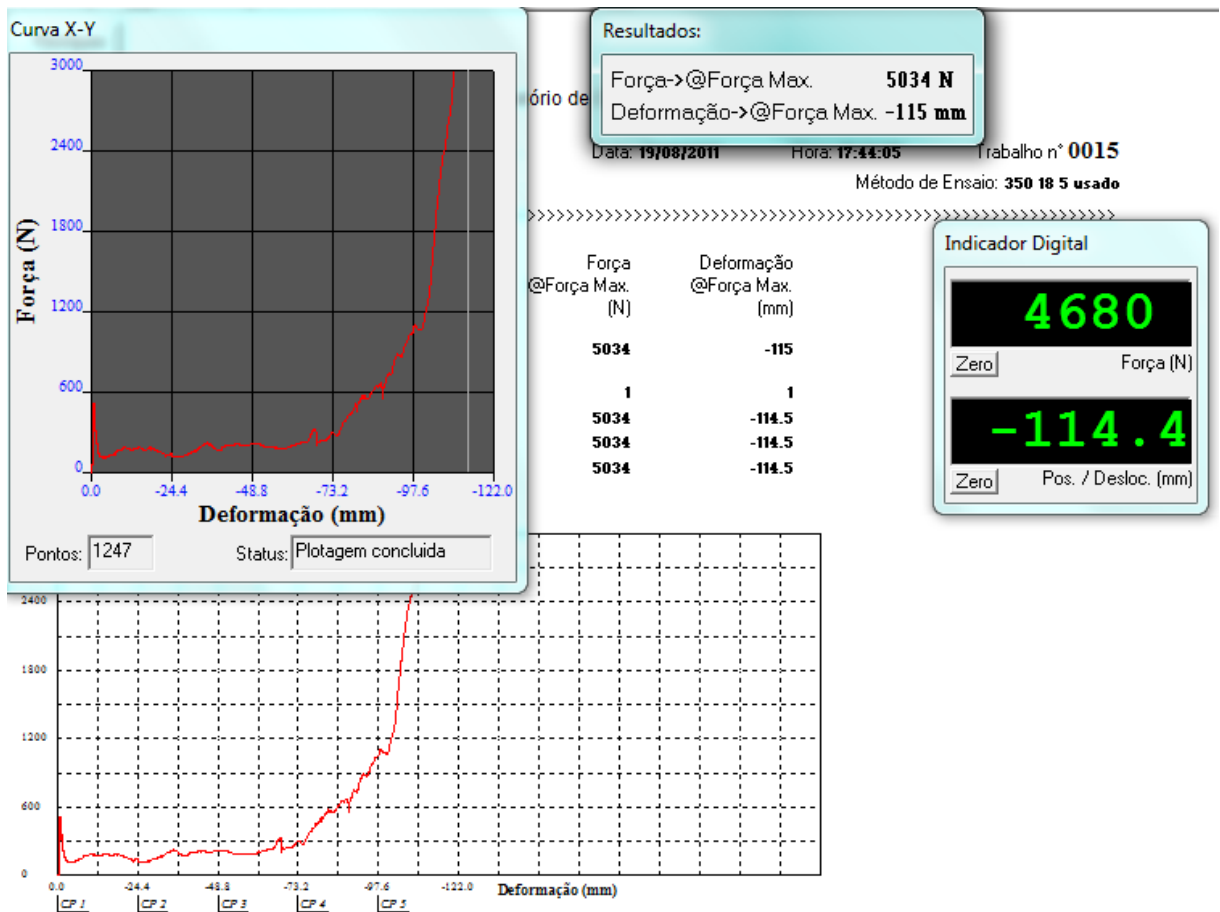
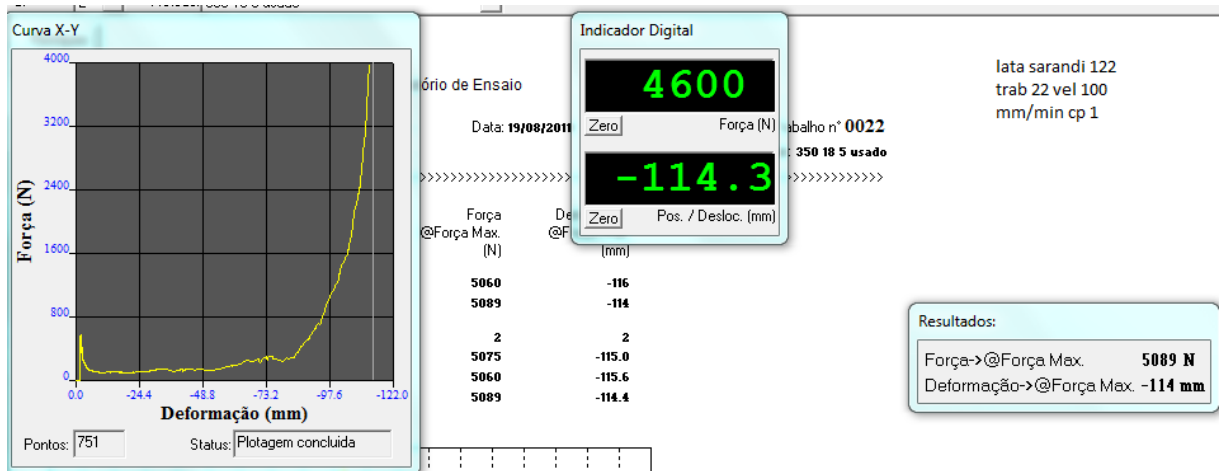
Portal Ergonomia no Trabalho. Disponível em: <www.ergonomianotrabalho.com.br>. Acesso em: 07 jul. 2012, 23:00.

ROMANO, Victor F.; DUTRA, Max S. **Introdução a robótica industrial**. 2009.

APÊNDICE A

Testes de compressão da lata de alumínio





APÊNDICE B

Simbologia Pneumática Normalizada

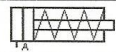

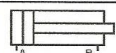
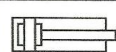
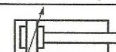
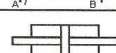
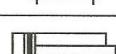
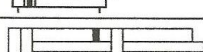
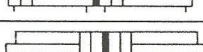




1

SIMBOLOGIA PNEUMÁTICA

Neste item apresentaremos o resumo dos símbolos usuais empregados em diagramas pneumáticos e hidráulicos. A Tabela 1 apresenta alguns símbolos para os atuadores, conforme a norma ABNT NBR 8897, DIN 24300 e ISO 1219.

ATUADORES

Tabela 1 - Símbolos de atuadores.

	Cilindro de simples ação (posição de repouso recuado).
	Cilindro de simples ação (posição de repouso avançado).
	Cilindro de dupla ação.
	Cilindro de dupla ação (com amortecimento de fim de curso, sem regulagem).
	Cilindro de dupla ação (com amortecimento de fim de curso regulável).
	Cilindro com haste passante.
	Cilindro de dupla ação com êmbolo magnético.
	Cilindro tipo Tandem.
	Cilindro duplo.
	Cilindro sem haste.
	Oscilador.
	Motor Pneumático.
	Motor Hidráulico.

Para que haja praticidade e universalidade na elaboração e leitura de um diagrama, normalizam-se os símbolos pneumáticos a serem empregados. As normas usuais de simbologia são ABNT NBR 8896 e seguintes, DIN 24300 e ISO 1219. Algumas premissas importantes definem essa simbologia:

- O símbolo não caracteriza a forma construtiva de um componente nem suas dimensões, caracterizam apenas sua função.
- As válvulas são simbolizadas por meio de quadrados.
- O número de quadrados indica o número de posições que a válvula pode assumir.
- Dentro de cada quadrado as vias de passagem de uma válvula são indicadas por linhas e setas. As setas, usualmente, indicam o sentido do fluxo.

VÁLVULAS DIRECIONAIS

Válvulas são elementos que comandam, regulam, direcionam e bloqueiam o fluxo em um circuito. O entendimento de sua simbologia é a premissa básica para análise de diagramas pneumáticos, hidráulicos, eletro-hidráulicos e eletropneumáticos. São abrangidas em cinco grandes grupos, conforme sua função:

- a) direcionais;
- b) de pressão;
- c) de vazão (fluxo);
- d) de bloqueio;
- e) de fechamento.

Destes, o principal grupo é o das válvulas direcionais, isto é, válvulas que interferem na trajetória do fluxo, desviando-o para onde for mais conveniente em um determinado momento. Apresentaremos nos próximos itens, os símbolos usuais, lembrando que a descrição de outros símbolos e definições adicionais devem ser consultadas nas normas ABNT NBR 8896 e seguintes, DIN 24300 e ISO 1219.

IDENTIFICAÇÃO DAS CONEXÕES

Entende-se por "conexão" um ponto físico onde se conecta qualquer elemento a uma válvula (por exemplo, uma mangueira, um silencioso, um regulador, escape). A norma ISO 5599 prescreve a identificação das conexões mediante o emprego de números, ao passo que a norma ISO 1219 (clássica) prescreve o emprego de letras maiúsculas do alfabeto latino (Tabela 2).






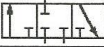


Tabela 2 - Identificação das conexões.

CONEXÃO	cfe. ISO 5599	cfe. ISO 1219
Pressão	1	P
Escape / Exaustão (pneumático)	3;5	R;S
Tanque (hidráulico)	3	T
Saída	2;4	B;A
Piloto	14;12	Z;Y

CONSTRUÇÃO DOS SÍMBOLOS DE VÁLVULAS DIRECIONAIS

Tabela 3 – Símbolos de válvulas.

<ul style="list-style-type: none"> As válvulas são simbolizadas por meio de quadrados. 	
<ul style="list-style-type: none"> O número de quadrados representa quantas posições de comutação a válvula direcional possui (OBS.: o número mínimo de posições em uma válvula direcional é dois). 	
<ul style="list-style-type: none"> As setas indicam, em geral, o sentido do fluxo. 	
<ul style="list-style-type: none"> Os bloqueios (isto é, pontos por onde não há fluxo) são representados por um "T" apostroado internamente ao símbolo. 	
<ul style="list-style-type: none"> As conexões (vias funcionais) são indicadas por traços na parte externa, na posição à direita da válvula (para válvulas com 2 posições de comando) ou ao centro (válvulas com 3 posições de comando). 	<p>(válvula de 4 vias e 3 posições ou 4/3 vias):</p>

	(válvula de 5 vias e 2 posições ou 5/2 vias): 
▪ Válvula direcional de 2 vias e 2 posições de comando, posição normal fechada (abrevia-se a designação para 2/2 vias NF, lê-se: “ duas-duas vias ene-efe ”).	
▪ Válvula 2/2 vias NA (normalmente aberta).	
▪ Válvula 3/2 vias NF.	
▪ Válvula 3/2 vias NA.	
▪ Válvula 3/3 vias CF (centro fechado).	
▪ Válvula 4/2 vias.	
▪ Válvula 5/2 vias.	










NOTA: No símbolo de uma válvula direcional, devem estar perfeitamente definidos:

- O número de vias da válvula;
- O número de posições de comando;
- A posição normal da válvula (quando for o caso);
- Forma de acionamento (tanto para comutação quanto para retorno à posição normal).

ACIONAMENTOS DE VÁLVULAS DIRECIONAIS











A mudança entre as posições de uma válvula direcional depende de acionamentos externos, cuja indicação é incorporada adjacente ao símbolo da válvula. Costuma-se agrupar esses acionamentos quanto ao seu tipo em: ação muscular, ação mecânica, pressão, elétrico ou combinação entre estes (Tabela 4).






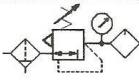




Tabela 4 - Acionamentos de válvulas.

AÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
MUSCULAR		Símbolo genérico, sem especificação do modo de operação.
		Botão.
		Botão com trava.
		Alavanca.
		Pedal.
MECÂNICA		Came ou apalpador.
		Mola (em geral, para retorno à posição de repouso).
		Rolete.
		Rolete escamoteável (“gatilho”).

ELÉTRICO		Solenóide com uma bobina.
		Solenóide com bobina proporcional.
		Motor elétrico reversível.
		Motor elétrico de passos.
PRESSÃO		Piloto pneumático (por acréscimo de pressão).
		Piloto hidráulico (por acréscimo de pressão).
		Servopiloto pneumático (piloto interno à válvula).
COMBINADO		Solenóide pilotado (pneumático).
		Solenóide pilotado (hidráulico).
		Roleta servopilotado (pneumático).
		Acionamento por ação muscular ou por solenóide servopilotado.
		Acionamento por solenóide ou muscular, servopilotados (pré-comando manual).

Tabela 5 - Símbolos adicionais (ver normas para detalhes).

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Indicador de pressão (manômetro).
	Indicação de possibilidade de regulação ou de variação progressiva.
	Fluxo pneumático.
	Fluxo hidráulico.
	Fonte de pressão (genérico).
	Escape simples (não conectável); triângulo adjacente ao símbolo.
	Escape roscado para conexão; triângulo afastado do símbolo.
	Fluxo de óleo para o tanque.
	Compressor.
	Bomba hidráulica.

	Bomba hidráulica com deslocamento variável.
	Conversor do meio de pressão (no exemplo, de pneumático para hidráulico).
	Silenciador.
	Acumulador (genérico).
	Unidade condicionadora (simplificado).
	Unidade condicionadora (detalhado, constando de filtro com dreno; válvula reguladora de pressão; manômetro e lubrificador, da esquerda para a direita).
	Engate rápido (desconectado).
	Engate rápido (conectado).
	Engate rápido com válvula de retenção (conectado).
	A união de vias dentro de uma válvula é simbolizada por um ponto.
POSIÇÃO EM REPOUSO	Condição na qual os elementos móveis da válvula são posicionados enquanto a mesma não está acionada.
POSIÇÃO INICIAL	Condição na qual a válvula se posiciona após a montagem e ligação da rede. Nesta posição começa a sequência de operações prevista (após o <i>RESET</i> e comando de partida).
VIA DE EXAUSTÃO	Via pela qual o ar comprimido sai da válvula.