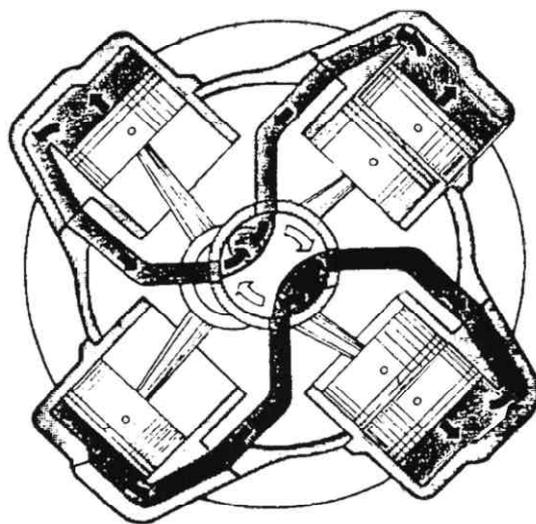
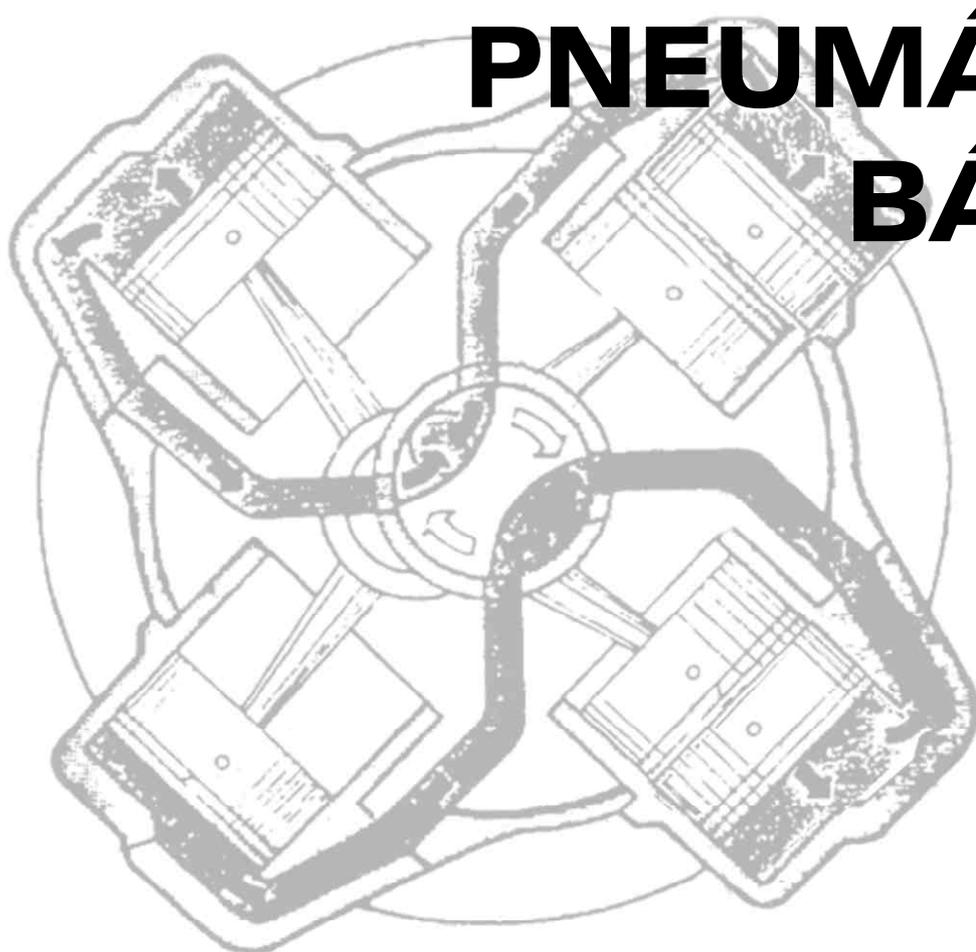


FIRJAN
CIRJ
SESI
SENAI
IEL

PNEUMÁTICA BÁSICA

versão preliminar



PNEUMÁTICA BÁSICA

FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
Eduardo Eugenio Gouvêa Vieira
Presidente

Diretoria Corporativa Operacional
Augusto Cesar Franco de Alencar
Diretor

Diretoria Regional do SENAI-RJ
Fernando Sampaio Alves Guimarães
Diretor

Diretoria de Educação
Andréa Marinho de Souza Franco
Diretora

PNEUMÁTICA BÁSICA

Pneumática Básica
2003

SENAI – Rio de Janeiro
Diretoria de Educação

FICHA TÉCNICA

Gerência de Educação Profissional
Gerência de Produto
Produção Editorial
Coordenação
Revisão Técnica
Revisão Editorial
Colaboração
Projeto Gráfico
Diagramação

Luis Roberto Arruda
Darci Pereira Garios
Vera Regina Costa Abreu
Alda Maria da Glória Lessa Bastos
Ézio Zerbone
Alexandre Rodrigues Alves
Antonio Carlos Cezar de Carvalho
Artae Design & Criação
g-dés

Edição revista da apostila Pneumática básica do convênio
SENAI-RJ/Michelin, 2001.

SENAI-RJ
GEP – Gerência de Educação Profissional

Rua Mariz e Barros, 678 – Tijuca
20270-903 – Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (21) 2587-1116
Fax: (21) 2254-2884
GEP@rj.senai.br
<http://www.rj.senai.br>

Sumário

APRESENTAÇÃO 11

UMA PALAVRA INICIAL..... 13

1 INTRODUÇÃO À PNEUMÁTICA 17

Introdução à pneumática 19

Definição de pneumática 19

Fluido 19

Propriedades físicas do ar 20

Implantação da automação pneumática 27

Produção do ar comprimido 28

Tipos de compressores 28

Preparação e armazenagem do ar comprimido 37

2 UNIDADE DE CONDICIONAMENTO 47

Unidade de condicionamento 49

Filtro 50

Válvula reguladora de pressão 51

Manômetro 54

Lubrificador 55

Pressostato 57

3	ATUADORES PNEUMÁTICOS	59
	Atuadores pneumáticos	61
	Atuadores lineares	61
	Tipos de cilindros pneumáticos	63
	Atuadores rotativos	73
	Tipos de osciladores pneumáticos	73
	Tipos de motores pneumáticos	76
4	VÁLVULAS DIRECIONAIS.....	81
	Função	83
	Válvula direcional tipo carretel deslizante	83
	Aplicação com cilindro de simples ação	84
	Aplicação com cilindro de dupla ação	85
	Simbologia das válvulas direcionais	88
	Denominação das válvulas direcionais	96
5	VÁLVULAS AUXILIARES	103
	Função	105
	Válvula de segurança ou de alívio	105
	Válvulas de retenção	107
	Válvula alternadora ou elemento “OU”	107
	Válvula de escape rápido	110
	Válvula reguladora de fluxo	112
	Válvula reguladora de fluxo bidirecional	112
	Válvula reguladora de fluxo unidirecional	113
	Temporizador	115
6	VAMOS PRATICAR?	117
	Elaboração de circuitos básicos de pneumática	119

Prezado aluno,

Quando você resolveu fazer um curso em nossa instituição, talvez não soubesse que, desse momento em diante, estaria fazendo parte do maior sistema de educação profissional do país: o SENAI. Há mais de sessenta anos, estamos construindo uma história de educação voltada para o desenvolvimento tecnológico da indústria brasileira e da formação profissional de jovens e adultos.

Devido às mudanças ocorridas no modelo produtivo, o trabalhador não pode continuar com uma visão restrita dos postos de trabalho. Hoje, o mercado exigirá de você, além do domínio do conteúdo técnico de sua profissão, competências que lhe permitam decidir com autonomia, proatividade, capacidade de análise, solucionando problemas, avaliando resultados e propostas de mudanças no processo do trabalho. Você deverá estar preparado para o exercício de papéis flexíveis e polivalentes, assim como para a cooperação e a interação, o trabalho em equipe e o comprometimento com os resultados.

Soma-se, ainda, que a produção constante de novos conhecimentos e tecnologias exigirá de você a atualização contínua de seus conhecimentos profissionais, evidenciando a necessidade de uma formação consistente que lhe proporcione maior adaptabilidade e instrumentos essenciais à auto-aprendizagem.

Essa nova dinâmica do mercado de trabalho vem requerendo que os sistemas de educação se organizem de forma flexível e ágil, motivos esses que levaram o SENAI a criar uma estrutura educacional, com o propósito de atender às novas necessidades da indústria, estabelecendo uma formação flexível e modularizada.

Essa formação flexível tornará possível a você, aluno do sistema, voltar e dar continuidade à sua educação, criando seu próprio percurso. Além de toda a infra-estrutura necessária ao seu desenvolvimento, você poderá contar com o apoio técnico-pedagógico da equipe de educação dessa escola do SENAI para orientá-lo em seu trajeto.

Mais do que formar um profissional, estamos buscando formar cidadãos.

Seja bem-vindo!

Andréa Marinho de Souza Franco
Diretora de Educação



Apresentação

A dinâmica social dos tempos de globalização exige dos profissionais atualização constante. Mesmo as áreas tecnológicas de ponta ficam obsoletas em ciclos cada vez mais curtos, trazendo desafios renovados a cada dia, e tendo como consequência para a educação a necessidade de encontrar novas e rápidas respostas.

Nesse cenário, impõe-se a educação continuada, exigindo que os profissionais busquem atualização constante durante toda a sua vida – e os docentes e alunos do SENAI/RJ incluem-se nessas novas demandas sociais.

É preciso, pois, promover, tanto para os docentes como para os alunos da educação profissional, as condições que propiciem o desenvolvimento de novas formas de ensinar e aprender, favorecendo o trabalho de equipe, a pesquisa, a iniciativa e a criatividade, entre outros aspectos, ampliando suas possibilidades de atuar com autonomia, de forma competente.

O curso de Pneumática Básica tem como propósito oferecer educação continuada aos profissionais de manutenção, na área de mecânica, que desejam aperfeiçoar conhecimentos teóricos e práticos essenciais à realização de variadas tarefas nas indústrias.

Durante seus estudos, você terá o apoio permanente do docente e também deste material didático. Nele se encontram os conteúdos que serão trabalhados ao longo do curso, além de variados exercícios, cuja função principal é a de fixar os conhecimentos recém-adquiridos.

Desejamos, enfim, que essa jornada de estudo seja proveitosa e que tenha também sucesso na vida profissional.



Uma palavra inicial

Meio ambiente...

Saúde e segurança no trabalho...

O que é que **nós** temos a ver com isso?

Antes de iniciarmos o estudo deste material, há dois pontos que merecem destaque: a relação entre o processo produtivo e o meio ambiente; e a questão da saúde e segurança no trabalho.

As indústrias e os negócios são a base da economia moderna. Produzem os bens e serviços necessários e dão acesso a emprego e renda; mas, para atender a essas necessidades, precisam usar recursos e matérias-primas. Os impactos no meio ambiente muito freqüentemente decorrem do tipo de indústria existente no local, do que ela produz e, principalmente, de *como* produz.

É preciso entender que todas as atividades humanas transformam o ambiente. Estamos sempre retirando materiais da natureza, transformando-os e depois jogando o que “sobra” de volta ao ambiente natural. Ao retirar do meio ambiente os materiais necessários para produzir bens, altera-se o equilíbrio dos ecossistemas e arrisca-se ao esgotamento de diversos recursos naturais que não são renováveis ou, quando o são, têm sua renovação prejudicada pela velocidade da extração, superior à capacidade da natureza para se recompor. É necessário fazer planos de curto e longo prazo, para diminuir os impactos que o processo produtivo causa na natureza. Além disso, as indústrias precisam se preocupar com a recomposição da paisagem e ter em mente a saúde dos seus trabalhadores e da população que vive ao redor delas.

Com o crescimento da industrialização e a sua concentração em determinadas áreas, o problema da poluição aumentou e se intensificou. A questão da poluição do ar e da água é bastante complexa, pois as emissões poluentes se espalham de um ponto fixo para uma grande região, dependendo dos ventos, do curso da água e das demais condições ambientais, tornando difícil localizar, com precisão, a origem do problema. No entanto, é importante repetir que, quando as indústrias depositam no solo os resíduos, quando lançam efluentes sem tratamento em rios, lagoas e demais corpos hídricos, causam danos ao meio ambiente.

O uso indiscriminado dos recursos naturais e a contínua acumulação de lixo mostram a falha básica de nosso sistema produtivo: ele opera em linha reta. Extraem-se as matérias-primas através de processos de produção desperdiçadores e que produzem subprodutos tóxicos. Fabricam-se produtos de utilidade



limitada que, finalmente, viram lixo, o qual se acumula nos aterros. Produzir, consumir e dispensar bens desta forma, obviamente, não é sustentável.

Enquanto os resíduos naturais (que não podem, propriamente, ser chamados de “lixo”) são absorvidos e reaproveitados pela natureza, a maioria dos resíduos deixados pelas indústrias não tem aproveitamento para qualquer espécie de organismo vivo e, para alguns, pode até ser fatal. O meio ambiente pode absorver resíduos, redistribuí-los e transformá-los. Mas, da mesma forma que a Terra possui uma capacidade limitada de produzir recursos renováveis, sua capacidade de receber resíduos também é restrita, e a de receber resíduos tóxicos praticamente não existe.

Ganha força, atualmente, a idéia de que as empresas devem ter procedimentos éticos que considerem a preservação do ambiente como uma parte de sua missão. Isto quer dizer que se devem adotar práticas que incluam tal preocupação, introduzindo processos que reduzam o uso de matérias-primas e energia, diminuam os resíduos e impeçam a poluição.

Cada indústria tem suas próprias características. Mas já sabemos que a conservação de recursos é importante. Deve haver crescente preocupação com a qualidade, durabilidade, possibilidade de conserto e vida útil dos produtos.

As empresas precisam não só continuar reduzindo a poluição como também buscar novas formas de economizar energia, melhorar os efluentes, reduzir a poluição, o lixo, o uso de matérias-primas. Reciclar e conservar energia são atitudes essenciais no mundo contemporâneo.

É difícil ter uma visão única que seja útil para todas as empresas. Cada uma enfrenta desafios diferentes e pode se beneficiar de sua própria visão de futuro. Ao olhar para o futuro, nós (o público, as empresas, as cidades e as nações) podemos decidir quais alternativas são mais desejáveis e trabalhar com elas.

Infelizmente, tanto os indivíduos quanto as instituições só mudarão as suas práticas quando acreditarem que seu novo comportamento lhes trará benefícios – sejam estes financeiros, para sua reputação ou para sua segurança.

A mudança nos hábitos não é uma coisa que possa ser imposta. Deve ser uma escolha de pessoas bem-informadas a favor de bens e serviços sustentáveis. A tarefa é criar condições que melhorem a capacidade de as pessoas escolherem, usarem e disporem de bens e serviços de forma sustentável.

Além dos impactos causados na natureza, diversos são os malefícios à saúde humana provocados pela poluição do ar, dos rios e mares, assim como são inerentes aos processos produtivos alguns riscos à saúde e segurança do trabalhador. Atualmente, acidente do trabalho é uma questão que preocupa os empregadores, empregados e governantes, e as conseqüências acabam afetando a todos.

De um lado, é necessário que os trabalhadores adotem um comportamento seguro no trabalho, usando os equipamentos de proteção individual e coletiva; de outro, cabe aos empregadores prover a empresa com esses equipamentos, orientar quanto ao seu uso, fiscalizar as condições da cadeia produtiva e a adequação dos equipamentos de proteção.

A redução do número de acidentes só será possível à medida que cada um – trabalhador, patrão e governo – assuma, em todas as situações, atitudes preventivas, capazes de resguardar a segurança de todos.



Deve-se considerar, também, que cada indústria possui um sistema produtivo próprio, e, portanto, é necessário analisá-lo em sua especificidade, para determinar seu impacto sobre o meio ambiente, sobre a saúde e os riscos que o sistema oferece à segurança dos trabalhadores, propondo alternativas que possam levar à melhoria de condições de vida para todos.

Da conscientização, partimos para a ação: cresce, cada vez mais, o número de países, empresas e indivíduos que, já estando conscientizados acerca dessas questões, vêm desenvolvendo ações que contribuem para proteger o meio ambiente e cuidar da nossa saúde. Mas, isso ainda não é suficiente... faz-se preciso ampliar tais ações, e a educação é um valioso recurso que pode e deve ser usado em tal direção. Assim, iniciamos este material conversando com você sobre meio ambiente, saúde e segurança no trabalho, lembrando que, no seu exercício profissional diário, você deve agir de forma harmoniosa com o ambiente, zelando também pela segurança e saúde de todos no trabalho.

Tente responder à pergunta que inicia este texto: meio ambiente, saúde e segurança no trabalho – o que é que **eu** tenho a ver com isso? Depois, é partir para a ação. Cada um de nós é responsável. Vamos fazer a nossa parte?

Introdução à pneumática

Nesta Seção...

- Definição de pneumática ◀
- Fluido ◀
- Propriedades físicas do ar ◀
- Implantação da automação pneumática ◀
- Produção do ar comprimido ◀
- Tipos de compressores ◀
- Preparação e armazenagem do ar comprimido ◀



Introdução à pneumática

Definição de pneumática

A expressão pneumo ou pneuma provém do grego, e significa respiração, fôlego, sopro, vento. Como derivada sua, encontra-se a palavra pneumática. Esta é definida como parte da Física que estuda os comportamentos (a dinâmica e os fenômenos físicos) relacionados com os gases e o vácuo.

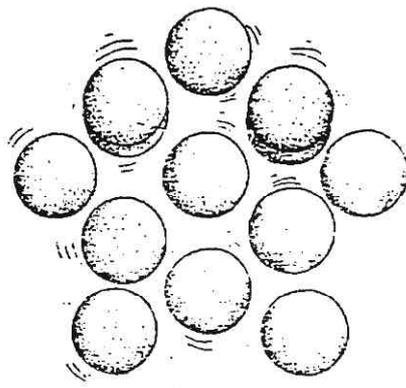
É comum encontrarmos como sendo o estudo da conversão da energia pneumática em trabalho.

Fluido

Chamam-se fluidos os corpos cujas moléculas sejam extremamente móveis umas em relação às outras. Os gases e líquidos são exemplos de fluidos.

Líquidos

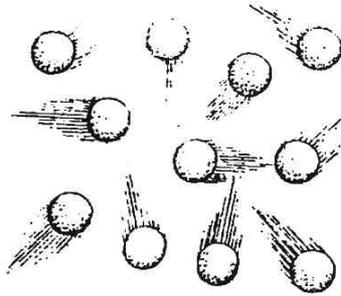
São fluidos poucos compressíveis; as moléculas em um líquido apresentam um estado de equilíbrio.





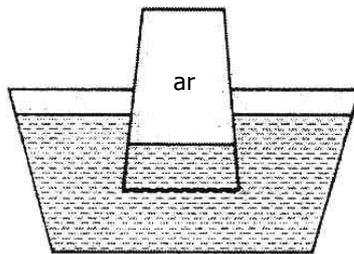
Gases

São fluidos muito compressíveis; as moléculas em um gás tendem a se repelir.



Propriedades físicas do ar

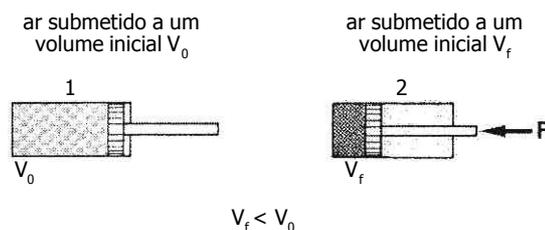
Apesar de insípido, inodoro e incolor, percebemos o ar através dos ventos, aviões e pássaros que nele flutuam e se movimentam; sentimos também o seu impacto sobre o nosso corpo. Concluimos facilmente que o ar tem existência real e concreta, ocupando lugar no espaço.



Compressibilidade

O ar, assim como todos os gases, tem a propriedade de ocupar todo o volume de qualquer recipiente, adquirindo o seu formato, já que não tem forma própria. Assim, podemos encerrá-lo num recipiente com volume determinado e posteriormente provocar-lhe uma redução de volume usando uma de suas propriedades, **a compressibilidade**.

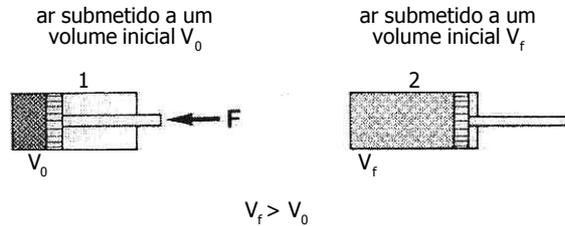
Podemos concluir que o ar permite reduzir o seu volume quando sujeito à ação de uma força exterior.





Elasticidade

Propriedade que possibilita ao ar voltar ao seu volume inicial uma vez extinto o efeito (força) responsável pela redução do volume.



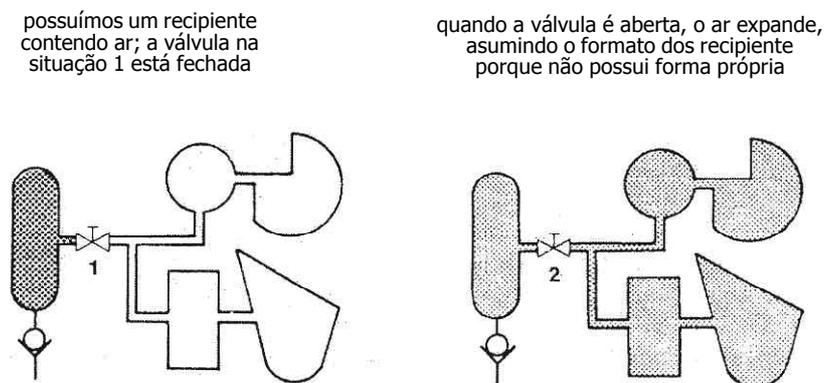
Difusibilidade

Propriedade do ar que lhe permite misturar-se homogêaneamente com qualquer meio gasoso que não esteja saturado.



Expansibilidade

Propriedade do ar que lhe possibilita ocupar totalmente o volume de qualquer recipiente, adquirindo o seu formato.

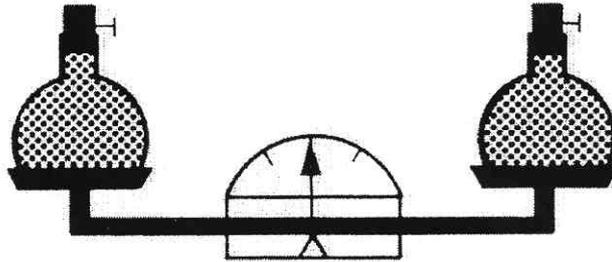




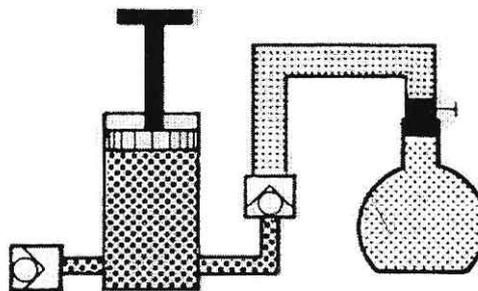
Peso do ar

Como toda matéria concreta, o ar tem peso.

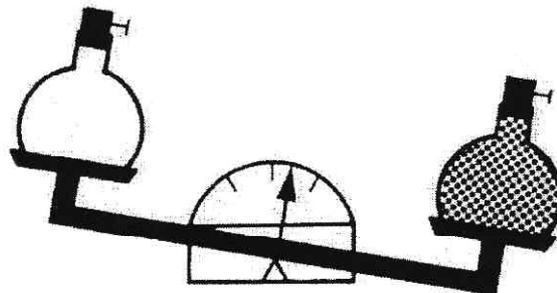
A experiência abaixo mostra a existência do peso do ar. Temos dois balões idênticos, hermeticamente fechados, contendo ar com a mesma pressão e temperatura. Colocando-se numa balança de precisão, os pratos se equilibram.



De um dos balões, retira-se o ar através de uma bomba de vácuo.



Coloca-se outra vez o balão na balança e haverá o desequilíbrio causado pela falta do ar.

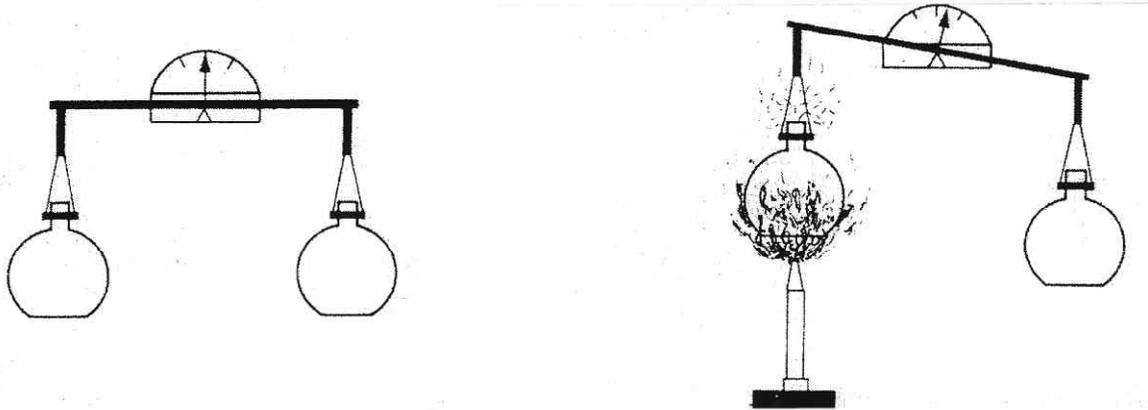




Um litro de ar, a 0°C e ao nível do mar, pesa **0,001293kg**.

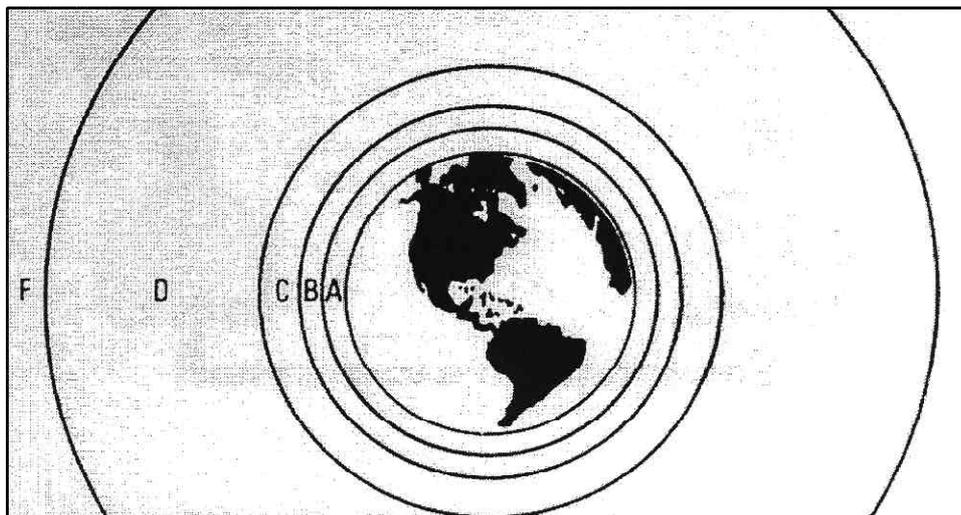
O ar quente é mais leve que o ar frio. Uma experiência que mostra esse fato é a seguinte:

Uma balança equilibra dois balões idênticos, abertos. Expondo-se um dos balões a contato com uma chama, o ar do seu interior se aquece, escapa pela boca do balão, tornando-se, assim, menos denso. Conseqüentemente, há um desequilíbrio na balança.



Atmosfera

Camada formada por gases, principalmente por oxigênio (O), e nitrogênio (N), que envolve toda a superfície terrestre, responsável pela existência de vida no planeta.





Pelo fato de o ar ter peso, as camadas inferiores são comprimidas pelas camadas superiores. Assim, as camadas inferiores são mais densas que as superiores.

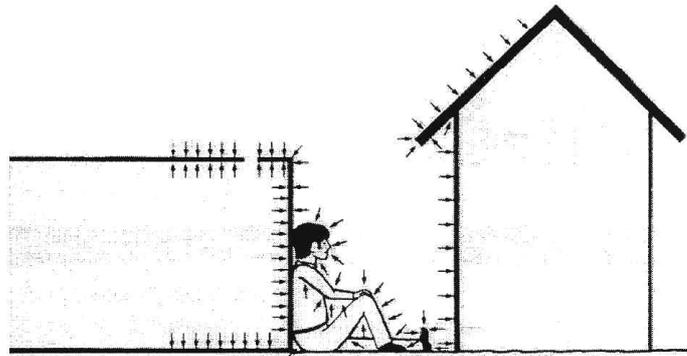
Concluimos, portanto, que um volume de ar comprimido é mais pesado que o ar à pressão normal ou à pressão atmosférica.

Quando dizemos que um litro de ar pesa **0,001293 kg** ao nível do mar, isso significa que, em altitudes diferentes, o peso tem valor diferente.

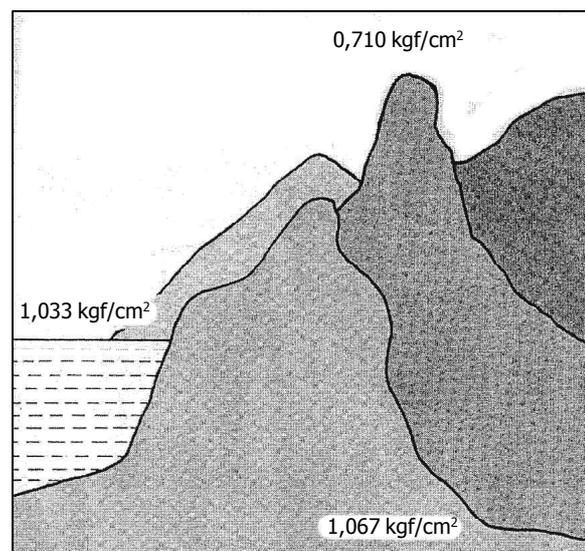
Pressão atmosférica

Sabemos que o ar tem peso; portanto, vivemos sob esse peso desde que nascemos.

A atmosfera exerce sobre nós uma força equivalente ao seu peso, mas não a sentimos, pois ela atua em todos os sentidos e direções com a mesma intensidade. Esse fato é denominado pressão atmosférica.



A pressão atmosférica varia de forma inversamente proporcional à altitude considerada. Através da tabela a seguir, essa variação pode ser notada.





A próxima tabela apresenta a variação da pressão atmosférica em relação à altitude.

ALTITUDE Em m	PRESSÃO Em kgf/cm ²	ALTITUDE Em m	PRESSÃO Em kgf/cm ²
0	1,033	1000	0,915
100	1,021	2000	0,810
200	1,008	3000	0,715
300	0,996	4000	0,629
400	0,985	5000	0,552
500	0,973	6000	0,481
600	0,960	7000	0,419
700	0,948	8000	0,363
800	0,936	9000	0,313
900	0,925	10000	0,270

Efeitos combinados entre as três variáveis físicas do gás

Lei geral dos gases perfeitos.

As leis de Boyie-Mariotte, Charles e Gay Lussac referem-se às transformações de estado, nas quais uma das variáveis físicas permanece constante.

Geralmente, a transformação de um estado para outro envolve um relacionamento entre todas, sendo assim, a relação generalizada é expressa pela fórmula:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

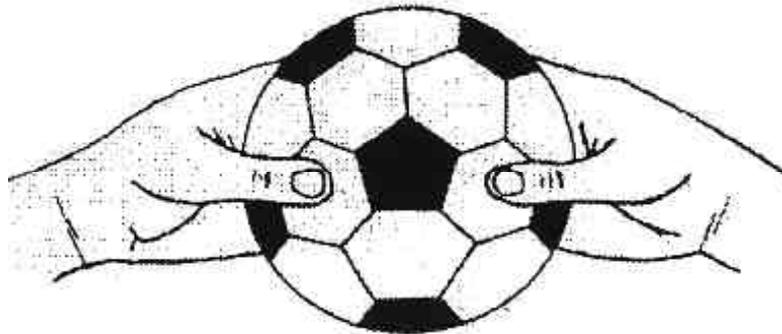
De acordo com essa relação, são conhecidas as três variáveis do gás. Por isso, se qualquer uma delas sofrer alteração, o efeito nas outras poderá ser definido.



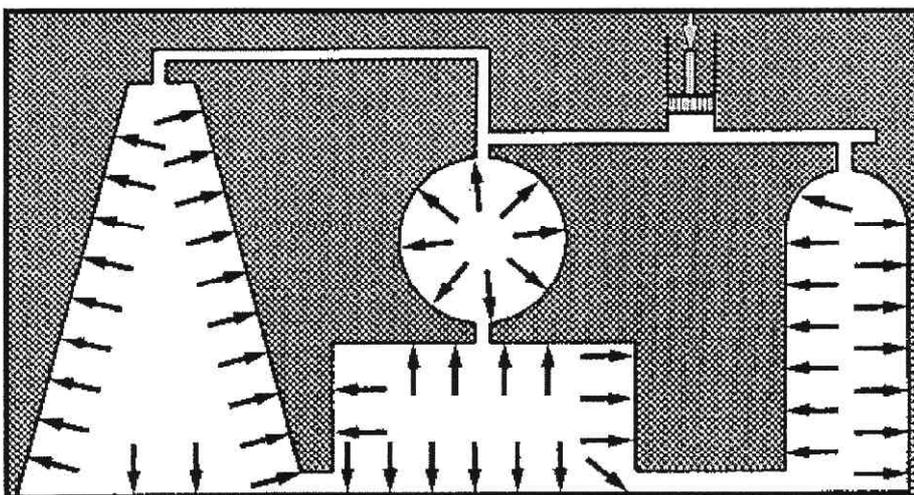
O princípio de Pascal

Constata-se que o ar é muito compressível sob ação de pequenas forças. Quando contido em um recipiente fechado, o ar exerce uma pressão igual sobre as paredes, em todos os sentidos.

Podemos verificar isto facilmente fazendo uso de uma bola de futebol. Apalpando-a, observamos uma pressão uniformemente distribuída sob sua superfície de dentro para fora.



Por Blaise Pascal, temos: “A pressão exercida em um líquido confinado em forma estática atua em todos os sentidos e direções, com a mesma intensidade, exercendo forças iguais em áreas iguais”.





Implantação da automação pneumática

Vantagens	Desvantagens
<p>1. Incremento da produção com investimento relativamente pequeno.</p>	<p>1. O ar comprimido necessita de uma boa preparação para realizar o trabalho proposto satisfatoriamente. Portanto, a remoção de impurezas e a eliminação de umidade é fundamental para evitar a corrosão nos equipamentos, ou travamentos e maiores desgastes nas partes móveis do sistema.</p>
<p>2. Redução dos custos operacionais. A rapidez nos movimentos pneumáticos e a libertação do operário (homem) de operações repetitivas possibilitam o aumento do ritmo de trabalho, aumento de produtividade e, portanto, um menor custo operacional.</p>	<p>2. Os componentes pneumáticos são normalmente projetados para trabalhar a uma pressão máxima de 1500kPa. Portanto, as forças envolvidas são pequenas comparadas a outros sistemas. Assim, não é conveniente o uso de controles pneumáticos em operação de extrusão de metais. Provavelmente, o seu uso é vantajoso para recolher ou transportar as barras extrudadas.</p>
<p>3. Robustez dos componentes dos equipamentos pneumáticos. A robustez inerente aos pneumáticos torna-os relativamente insensíveis a vibrações e golpes, permitindo que ações mecânicas do próprio processo sirvam de sinal para as diversas seqüências de operação; são de fácil manutenção.</p>	<p>3. Velocidades muito baixas são difíceis de serem obtidas com ar comprimido devido às suas propriedades físicas. Neste caso, recorre-se a sistemas mistos (hidráulicos e pneumáticos).</p>
<p>4. Facilidade de implantação. Pequenas modificações nas máquinas convencionais, aliadas à disponibilidade de ar comprimido, são os requisitos necessários para implantação dos controles pneumáticos.</p>	<p>4. O ar é um fluido altamente compressível; portanto, é impossível obter paradas intermediárias e velocidades uniformes.</p> <p>O ar comprimido é um poluidor sonoro quando são efetuadas exaustões para a atmosfera. Essa poluição pode ser evitada com o uso de silenciadores nos orifícios de escape.</p>
<p>5. Resistência a ambientes hostis. Poeira, atmosfera corrosiva, oscilações de temperatura, umidade, submersão em líquidos raramente prejudicam os componentes pneumáticos, quando projetados para essa finalidade.</p>	
<p>6. Simplicidade de manipulação. Os controles pneumáticos não necessitam de operários super especializados para sua manipulação.</p>	
<p>7. Segurança. Como os equipamentos pneumáticos envolvem sempre pressões moderadas, tornam-se seguros contra possíveis acidentes, quer com pessoal, quer no próprio equipamento, além de evitar problemas de explosão.</p>	
<p>8. Redução do número de acidentes. A fadiga é um dos principais fatores que levam à falha humana e favorecem acidentes; a implantação de controles pneumáticos reduz o seu número (liberação de operações repetitivas).</p>	



Produção do ar comprimido

Instalação de produção

Para a produção de ar comprimido serão necessários compressores, os quais comprimem o ar para a pressão de armazenamento ou trabalho desejado. Na maioria dos acionamentos e comandos pneumáticos se encontra, geralmente, uma estação central de geração, preparação e distribuição de ar comprimido. Não é necessário calcular e planejar a transformação e transmissão da energia para cada consumidor individual. A instalação de compressão fornece o ar comprimido para os devidos lugares através de uma rede tubular.

Instalações móveis de produção estão sendo usadas, em primeiro lugar, na indústria de minas ou para máquinas que freqüentemente mudam de lugar.

Já ao projetar, devem ser consideradas a ampliação e aquisição de outros novos aparelhos pneumáticos.

De qualquer forma, é aconselhável planejar toda a instalação mais ampla, em vez de constatar posteriormente que ela está sobrecarregada. Uma ampliação posterior da instalação se torna geralmente muito cara.

Muito importante é o grau de pureza do ar. Um ar limpo garante uma longa vida útil da instalação. O emprego correto dos diversos tipos de compressores também deve ser considerado.

Tipos de compressores

Conforme as necessidades fabris, em relação à pressão de trabalho e à vazão, serão empregados compressores de diversos tipos de construção, que podem ser compressores de deslocamento positivo e compressores de deslocamento dinâmico ou não positivo.

Compressores de deslocamento positivo

São compressores que se baseiam fundamentalmente na variação do volume de suas câmaras, onde o ar é transferido para um ambiente fechado, diminuindo posteriormente o tamanho desse ambiente. O mais tradicional é o compressor de êmbolo ou pistão (compressores de êmbolo de movimento linear), e será apresentado mais adiante.

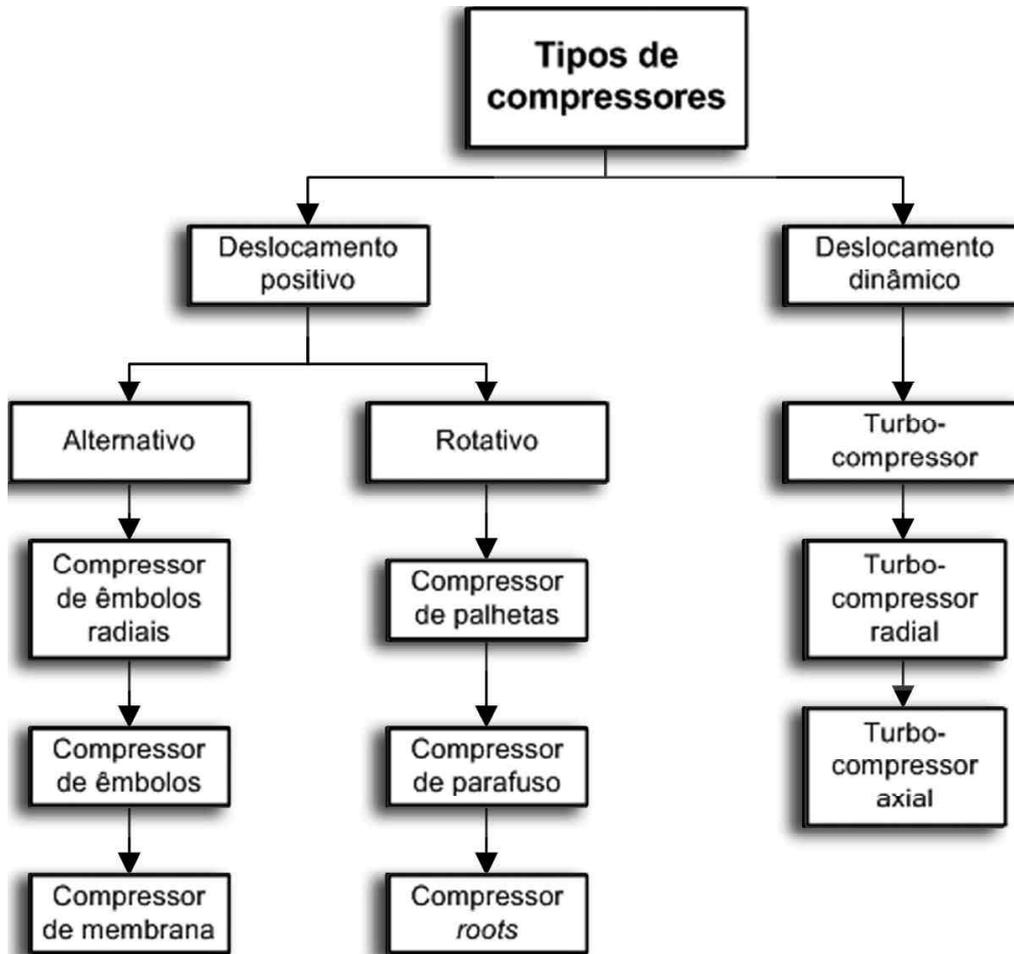
Compressores de deslocamento dinâmico

São compressores que se baseiam na elevação da pressão por meio de conversão de energia cinética em energia de pressão, durante a passagem do ar através do compressor.

O ar admitido é transferido através dos impulsores (rotor laminado) dotados de alta velocidade. Este ar é acelerado, atingindo velocidades elevadas e conseqüentemente os impulsores transmitem energia cinética ao ar. Posteriormente, seu escoamento é retardado por meio de difusores, obrigando a uma elevação na pressão na saída.



Agora, conheça os principais tipos de compressores.



Nos itens que seguem serão apresentados, de forma mais detalhada, os compressores de êmbolos, rotativo, de palheta, de duplo parafuso, *roots* e turbo-compressores.

Compressor de êmbolo

Compressor de êmbolo com movimento linear

Ele é apropriado não só para a compressão a pressões baixas e médias, mas também para pressões elevadas. O campo de pressão é de um bar até milhares de bar.

Para a compressão a pressões mais elevadas, são necessários compressores de vários estágios. O ar aspirado será comprimido pelo primeiro êmbolo (pistão), refrigerado intermediariamente e novamente comprimido pelo próximo êmbolo. Na compressão a altas pressões faz-se necessária uma refrigeração intermediária, pois se gera um aquecimento muito elevado.



Os compressores de êmbolos, e outros, são fabricados em execuções refrigeradas a água ou a ar.

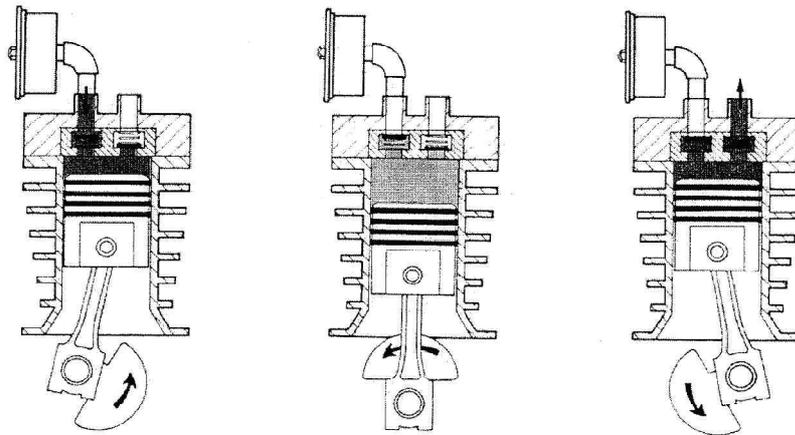
Os compressores de êmbolo com movimento linear são de grande vantagem quando observadas as pressões operacionais:

Até 4 bar → um estágio

até 15 bar → dois estágios

acima de 15 bar → três ou mais estágios

A figura a seguir apresenta o ciclo de operação de um compressor de êmbolo radial de simples efeito.

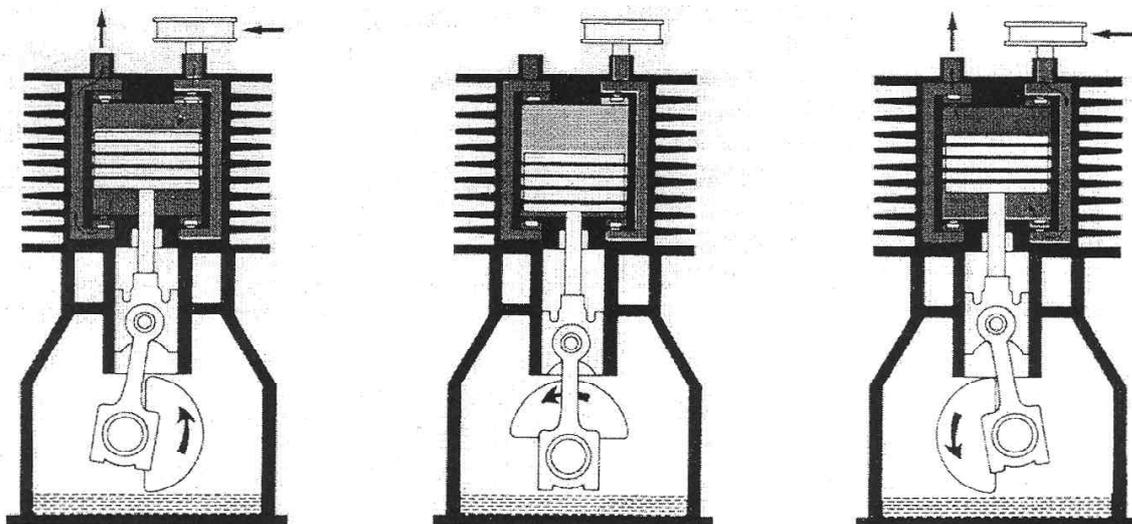


NOTAS



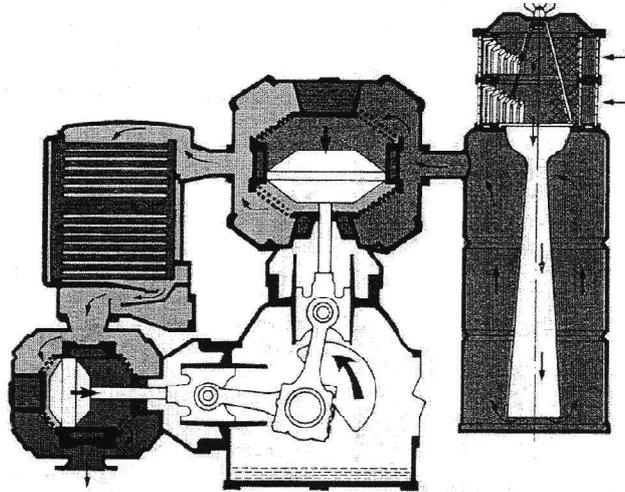
Os compressores de êmbolos radiais são os mais tradicionais e o seu formato físico assemelha-se ao de um motor a explosão.

Observe na figura a seguir o ciclo de operação de um compressor de pistão de duplo efeito.





A seção de um compressor de dois estágios e duplo efeito é apresentada na figura a seguir.

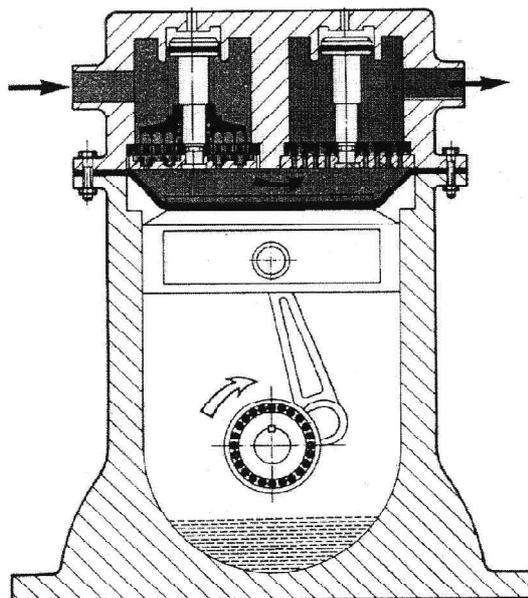


Compressor de membrana (diafragma)

Este tipo pertence ao grupo dos compressores de êmbolos. Mediante uma membrana, o êmbolo fica separado da câmara de sucção e compressão, quer dizer, o ar a ser comprimido não terá contato com as partes mecânicas deslizantes. O ar, portanto, ficará sempre livre de resíduos de óleo.

Esses compressores são os preferidos e mais empregados na indústria alimentícia, farmacêutica e química.

A seção de um compressor de diafragma é apresentada na figura a seguir.





Compressor rotativo

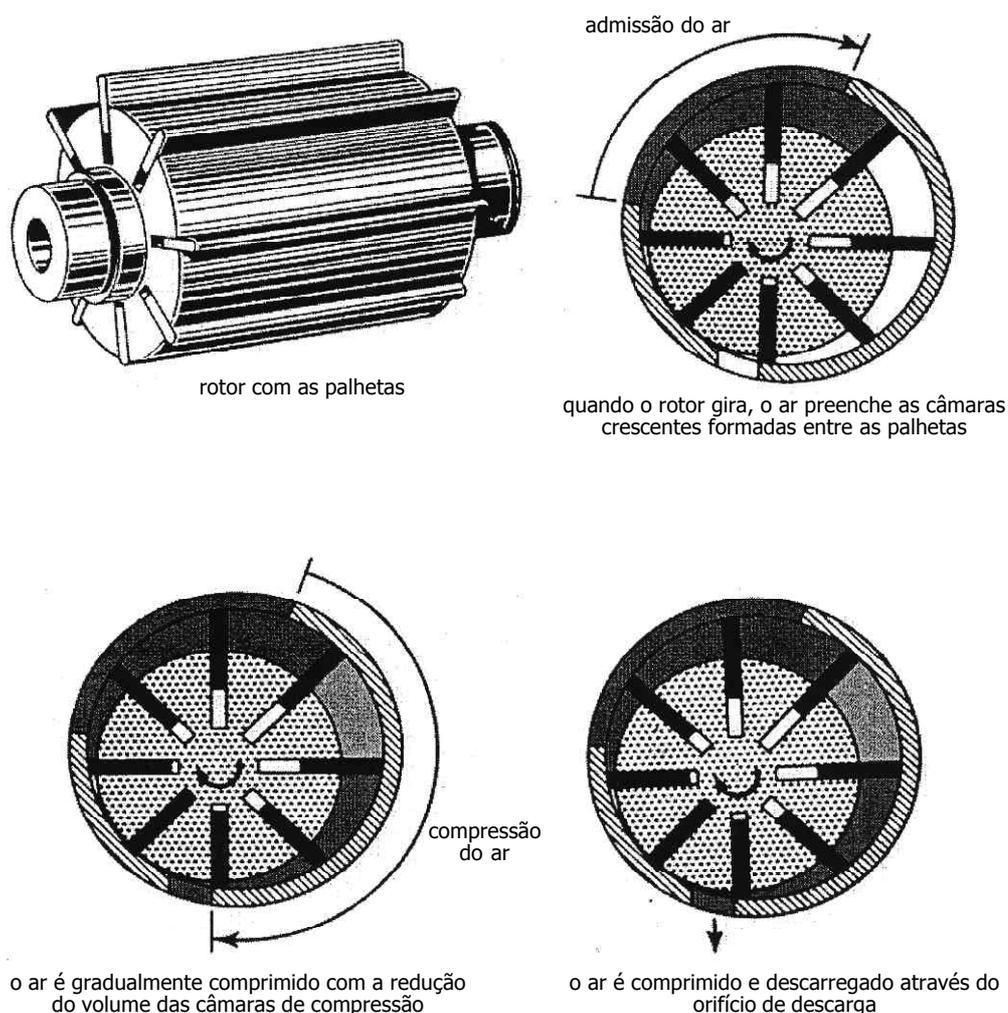
Compressor de palhetas

Em um compartimento cilíndrico, com aberturas de entrada e saída, gira um rotor com rasgos longitudinais alojado excêntricamente.

O rotor tem, nos rasgos, palhetas que, em conjunto com a parede interna, formam pequenos compartimentos (células). Quando em rotação, as palhetas serão, pela força centrífuga, impulsionadas contra a superfície interna do compartimento cilíndrico. Devido à excentricidade de localização do rotor, há uma diminuição e aumento das células, comprimindo então o ar nos mesmos.

As vantagens desses compressores estão em sua construção um tanto econômica em espaço, bem como em seu funcionamento contínuo e equilibrado, e no uniforme fornecido de ar livre de qualquer pulsação.

A figura a seguir apresenta o ciclo de trabalho de um compressor de palhetas.

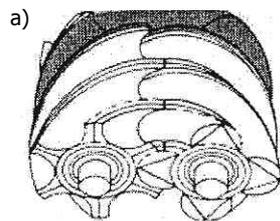
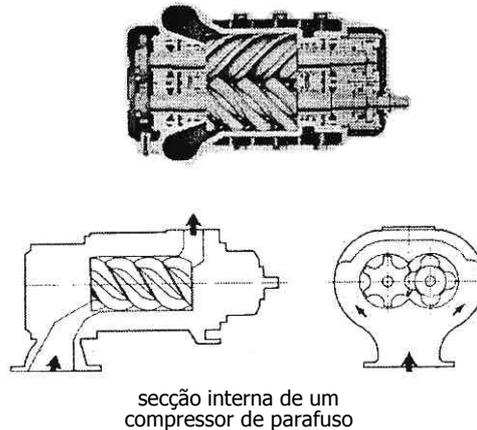




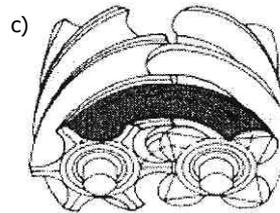
Compressor de duplo parafuso

Dois parafusos helicoidais, os quais, pelos perfis côncavo e convexo, comprimem o ar que é conduzido axialmente.

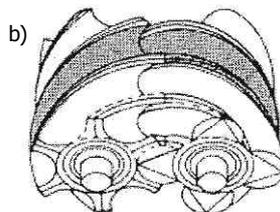
Observe a seguir o ciclo de trabalho de um compressor de parafusos.



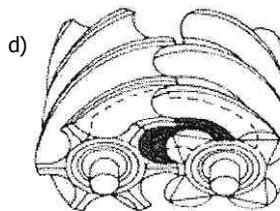
a) o ar entra pela abertura de admissão preenchendo o espaço entre os parafusos. A linha tracejada representa a abertura da descarga



c) o movimento de rotação produz uma compressão suave, que continua até ser atingido o começo da abertura de descarga



b) à medida que os rotores giram, o ar é isolado tendo início a compressão



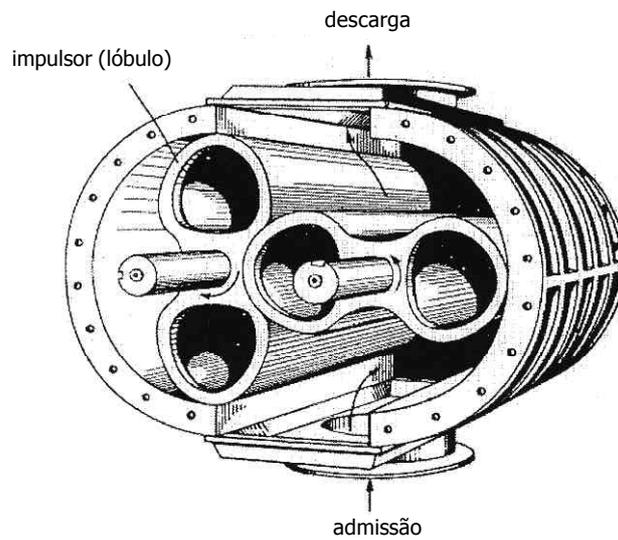
d) o ar comprimido é suavemente descarregado do compressor, ficando a abertura de descarga selada, até a passagem do volume comprimido no ciclo seguinte

Compressor roots

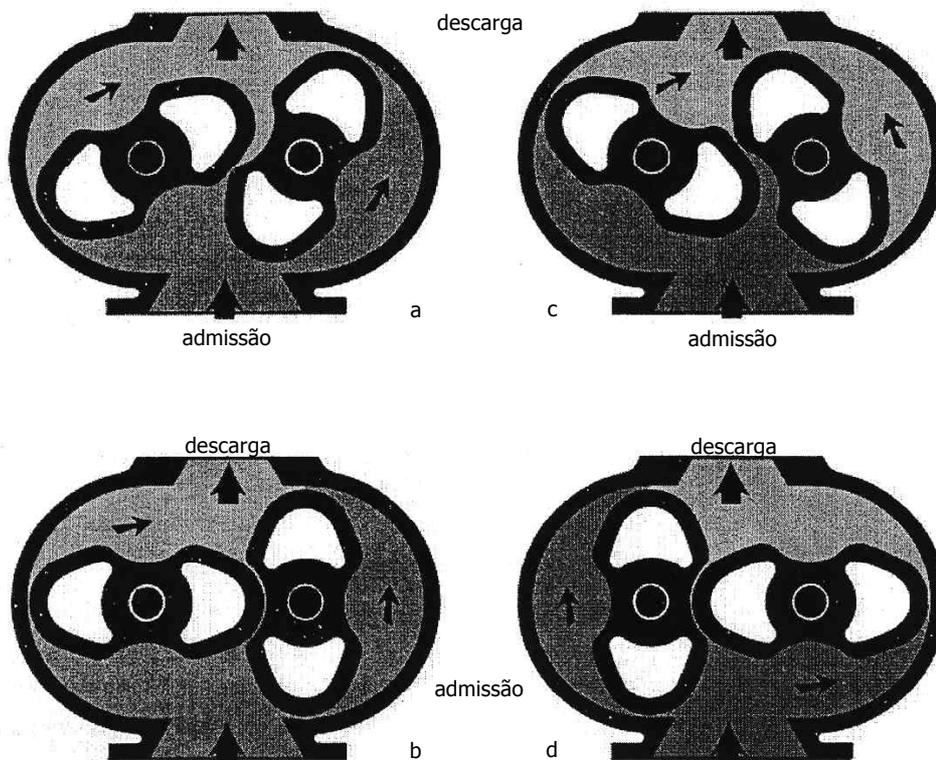
Nesses compressores o ar é transportado de um lado para o outro, sem alteração de volume. A compressão (vedação) efetua-se no lado da pressão pelos cantos dos êmbolos.



A figura a seguir apresenta a seção de um compressor *roots*.



Agora, observe o ciclo de funcionamento de um compressor *roots*.





Turbo-compressores

Estes compressores trabalham segundo o princípio de fluxo de uma turbina e são adequados para o fornecimento de grandes vazões. Os turbo-compressores são construídos em duas versões: axial e radial.

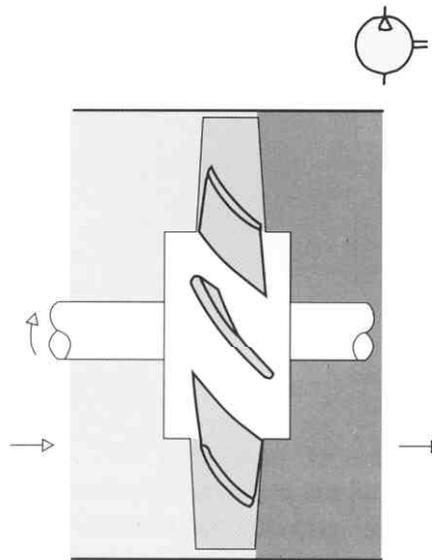
Em ambas as execuções o ar é colocado em movimento por uma ou mais turbinas, e esta energia de movimento é então transformada em energia de pressão.

A compressão, neste tipo de compressor, se processa pela aceleração do ar aspirado de câmara para câmara, em direção à saída.

O ar é impelido axialmente para as paredes da câmara e posteriormente em direção ao eixo, e daí no sentido radial para outra câmara e assim sucessivamente.

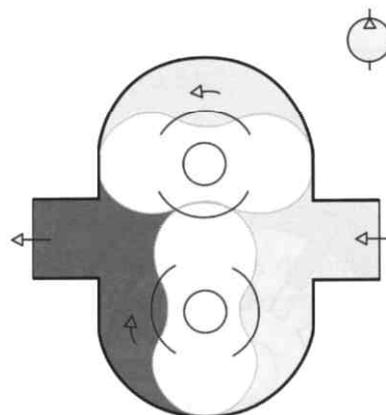
Turbo-compressor axial

A figura ao lado apresenta o compressor dinâmico de fluxo axial.



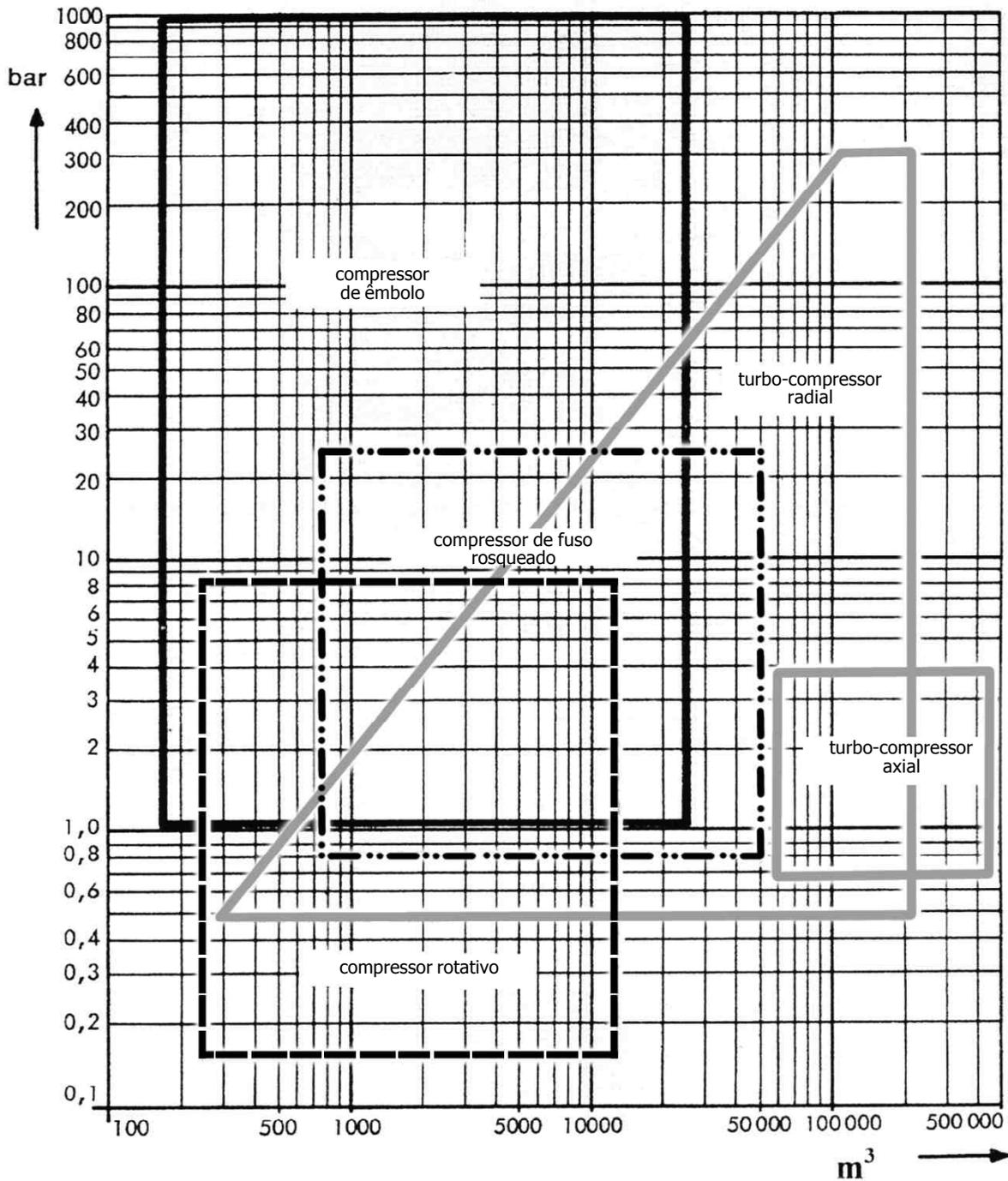
Turbo-compressor radial

Observe ao lado o compressor dinâmico de fluxo radial.





No diagrama a seguir, estão indicadas as capacidades, em quantidade aspirada e pressão alcançada, para cada modelo de compressor.





Preparação e armazenamento do ar comprimido

Preparação do ar comprimido é adequá-lo às necessidades operacionais e funcionais dos componentes pneumáticos.

Umidade

O ar atmosférico é uma mistura de gases, principalmente de oxigênio e nitrogênio, e contém contaminantes de três tipos básicos: água, óleo e poeira.

As partículas de poeira, em geral abrasivas, e o óleo queimado no ambiente de lubrificação do compressor são responsáveis por manchas nos produtos. A água é responsável por outra série de inconvenientes que mencionaremos adiante.

O compressor, ao admitir ar, aspira também os seus compostos e, ao comprimir, adiciona a essa mistura o calor sob forma de pressão e temperatura, além de adicionar óleo lubrificante e outros resíduos.

Os gases sempre permanecem em seu estado nas temperaturas e pressões normais encontradas no emprego da pneumática. Componentes com água sofrerão condensação e ocasionarão problemas.

Sabemos que a quantidade de água absorvida pelo ar está relacionada com a sua temperatura e volume.

A maior quantidade de vapor d'água contida num volume de ar sem ocorrer condensação dependerá da temperatura de saturação ou ponto de orvalho a que está submetido este volume.

No ar comprimido temos ar saturado. O ar estará saturado quando a pressão parcial do vapor d'água for igual à pressão de saturação do vapor d'água, à temperatura local. O vapor é superaquecido quando a pressão parcial do vapor d'água for menor que a pressão de saturação. Enquanto tivermos a presença de água sob a forma de vapor normalmente superaquecido, nenhum problema ocorrerá.

Consideremos que um certo volume de ar está saturado com vapor d'água, isto é, sua umidade relativa é 100%; se comprimimos esse volume até o dobro da pressão absoluta, o seu volume se reduzirá à metade.

Isto significará que a sua capacidade de reter o vapor d'água também foi reduzida à metade devido ao aumento da pressão pela redução do seu volume. Então o excesso de vapor será precipitado como água. Isto só ocorre se a temperatura for mantida constante durante a compressão, ou seja, processo isotérmico de compressão.

Entretanto, isto não acontece, pois houve uma elevação considerável na temperatura durante a compressão.

Como foi mencionado anteriormente, a capacidade de retenção da água pelo ar está relacionada diretamente com a temperaturas; sendo assim, não haverá precipitação no interior das câmaras de compressão. A precipitação d'água ocorrerá quando o ar sofrer um resfriamento, seja no resfriador ou na linha de distribuição.



Isso explica por que no ar comprimido existe sempre ar saturado com vapor d'água em suspensão, que se precipita ao longo das tubulações na proporção em que se resfria.

Quando o ar é resfriado à pressão constante, a temperatura diminui, então a pressão parcial do vapor será igual à pressão de saturação no ponto de orvalho. Qualquer resfriamento adicional provocará condensação da umidade.

Denomina-se **ponto de orvalho** ao estado termodinâmico correspondente ao início da condensação do vapor d'água, quando o ar úmido é resfriado e a pressão parcial do vapor é constante.

A presença dessa água condensada nas linhas de ar comprimido, causada pela diminuição de temperatura, terá como conseqüência:

- Oxidação da tubulação e demais componentes pneumáticos.
- Destruição da película lubrificante existente entre as duas superfícies que estão em contato, acarretando desgaste prematuro e reduzindo a vida útil das peças, válvulas, cilindros etc.
- Prejudica o funcionamento dos componentes pneumáticos.
- Arrasta partículas sólidas que comprometerão o funcionamento dos componentes pneumáticos.
- Aumenta o índice de manutenção.
- Não é possível a aplicação deste ar para instrumentação, pois acarreta, muitas vezes, a inutilização do instrumento.
- Não permite aplicação em equipamentos de pulverização.
- Provoca golpes de aríete nas superfícies adjacentes etc.
- Altera constantemente as regulagens das máquinas.

Portanto, é da maior importância que grande parte da água, bem como resíduos de óleo, sejam removidos do ar para evitar deterioração de todos os dispositivos e máquinas pneumáticas.

Como vimos no tópico anterior, a umidade presente no ar comprimido é prejudicial; supondo que a temperatura de descarga de uma compressão seja de 130°C, sua capacidade de retenção de água é de 1,496 kg/m³ e à medida que esta temperatura diminui, a água precipita-se no sistema de distribuição, causando sérios problemas.

Para resolver de maneira eficaz o problema inicial da água nas instalações de ar comprimido, o equipamento mais completo é o resfriador posterior, localizado entre a saída do compressor e o reservatório, pelo fato de que o ar comprimido na saída atinge sua maior temperatura.

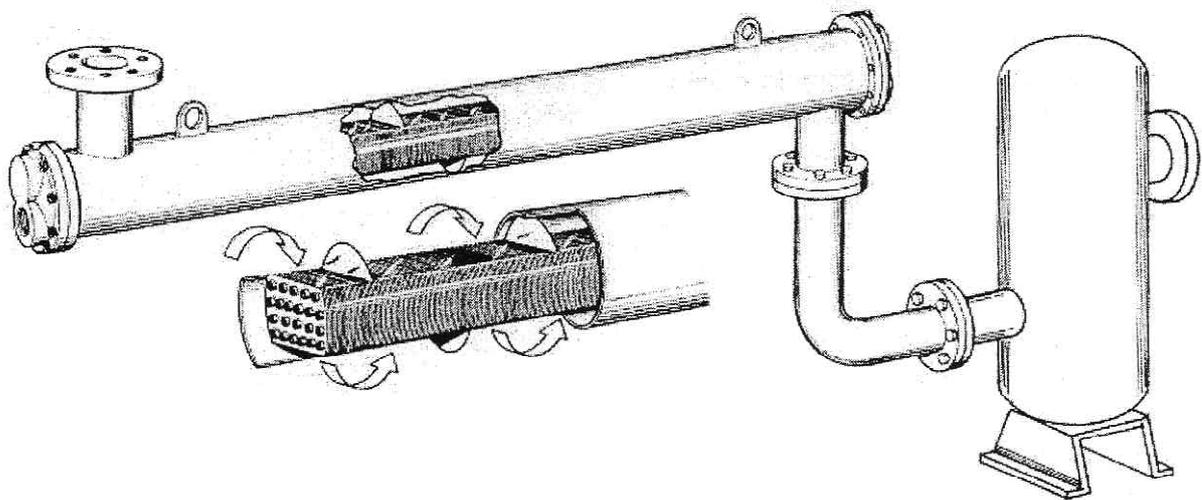
O resfriador posterior é simplesmente um trocador de calor utilizado para resfriar o ar comprimido. Como conseqüência desse resfriamento, permite-se retirar, inicialmente cerca de 75% a 90% do vapor d'água contido no ar, bem como vapores de óleo, além de evitar que a linha de distribuição sofra uma dilatação, causada pela alta temperatura de descarga do ar. Ainda mais, devido às paradas e à presença de umidade, poderemos ter na linha choques térmicos e contrações, acarretando trincamentos nas uniões soldadas, que viriam a ser ponto de fuga para o ar, além de manter a temperatura do ar compatível com as vedações sintéticas utilizadas pelos componentes pneumáticos.



Resfriador posterior

Um resfriador posterior é constituído basicamente de duas partes: um corpo geralmente cilíndrico onde se alojam feixes de tubos confeccionados com materiais de boa condução de calor, formando no interior do corpo uma espécie de colmeia. A segunda parte é um separador de condensado dotado de dreno.

O ar proveniente do compressor é obrigado a passar através dos tubos, sempre em sentido oposto ao fluxo da água de refrigeração, que é mudado constantemente de direção por placas defletoras, garantindo, dessa forma, uma maior dissipação de calor.



Na saída, está o separador. Devido à sinuosidade do caminho que o ar deve percorrer, provoca-se a eliminação da água condensada, que fica retida numa câmara.

A parte inferior do separador é dotada de um dreno manual (ou automático, na maioria dos casos), através do qual a água condensada é expulsa para a atmosfera.

Deve-se observar cuidadosamente a temperatura da água fornecida para o resfriamento do ar; do contrário, se o fluido refrigerante for circulado com uma temperatura elevada ou se o volume necessário de água para o resfriamento for insuficiente, o desempenho do resfriador será comprometido.

A temperatura na saída do resfriador dependerá da temperatura em que o ar é descarregado, da temperatura da água de refrigeração e do volume de água necessário para a refrigeração. Certamente, a capacidade do compressor influi diretamente no porte do resfriador.

Devido ao resfriamento, o volume de ar disponível é reduzido e, portanto, a sua energia também sofre redução.

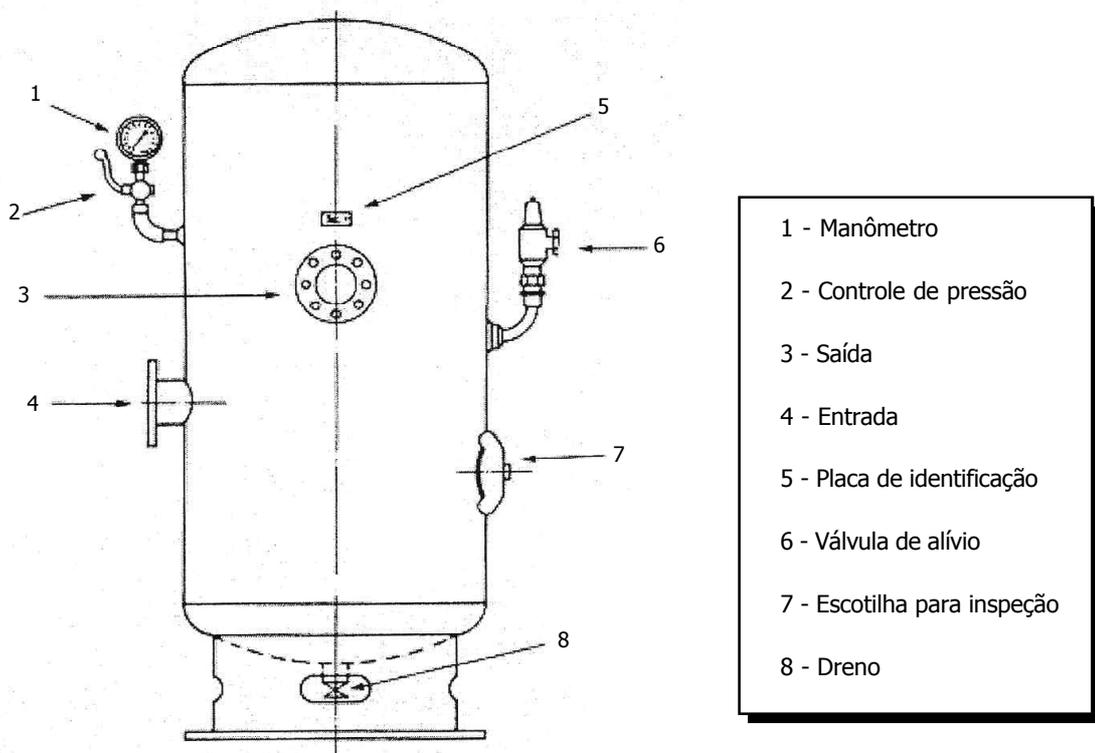


Contudo, o emprego do resfriador posterior não representa perda real de energia, já que o ar deveria, de qualquer forma, ser resfriado na tubulação de distribuição, causando os efeitos indesejáveis já mencionados.

Com o resfriador estes problemas são minimizados e ainda aumenta o volume de ar armazenado no reservatório pois se a pressão é constante e a temperatura diminui, o volume aumenta (processo isobárico).

Reservatório de ar comprimido

Um sistema de ar comprimido é dotado, geralmente, de um ou mais reservatórios, desempenhando grandes funções junto a todo o processo de produção.



Em geral, o reservatório possui as seguinte funções:

- Armazenar o ar comprimido.
- Resfriar o ar auxiliando a eliminação do condensado e garantir um volume real.
- Compensar as flutuações de pressão em todo o sistema de distribuição.
- Estabilizar o fluxo de ar.
- Controlar os ciclos operacionais dos compressores etc.

Os reservatórios são construídos no Brasil conforme a norma PNB 109 da ABNT, que recomenda:



Nenhum reservatório deve operar com uma pressão acima da pressão máxima de trabalho permitida do projeto, exceto quando a válvula de segurança permitir uma vazão acima da do compressor; nessa condição, a pressão não deve ser excedida em mais de 6% do seu valor.

Localização

Os reservatórios devem ser instalados de modo que todos os drenos, conexões e aberturas de inspeção sejam facilmente acessíveis.

Em nenhuma condição, o reservatório deve ser enterrado ou instalado em local de difícil acesso; deve ser instalado, de preferência, fora da casa dos compressores, na sombra, para facilitar a condensação da umidade e do óleo contidos no ar comprimido; deve possuir um dreno no ponto mais baixo para fazer a remoção desse condensado acumulado em cada 8 horas de trabalho; o dreno, preferencialmente, deverá ser automático.

Os reservatórios são dotados ainda de manômetro, válvulas de segurança, termômetro, pressostato e são submetidos a uma prova de pressão hidrostática, antes da utilização.

Desumidificação do ar

A presença de umidade no ar comprimido é sempre prejudicial para as automatizações pneumáticas, pois causa sérias conseqüências.

É necessário eliminar ou reduzir ao máximo essa umidade. O ideal seria eliminá-la do ar comprimido de modo absoluto, o que é praticamente impossível.

Ar seco industrial não é aquele totalmente isento de água; é o ar que, após um processo de desidratação, flui com um conteúdo de umidade residual de tal ordem que possa ser utilizado sem qualquer inconveniente. Com as devidas preparações, consegue-se a distribuição do ar com valor de umidade baixo e tolerável na aplicações encontradas.

A aquisição de um secador de ar comprimido pode figurar no orçamento de uma empresa como um alto investimento. Em alguns casos, verificou-se que um secador chegava a custar 25% do valor total da instalação de ar. Mas cálculos efetuados mostravam também os prejuízos causados pelo ar úmido: substituição periódica de tubulações, serviços de manutenção, substituição de componentes pneumáticos, filtros, válvulas, cilindros danificados, impossibilidade de aplicar o ar em determinadas operações, como pintura, pulverizações e ainda mais os refugos causados na produção de produtos. Conclui-se que o emprego do secador tornou-se altamente lucrativo, sendo pago em pouco tempo de trabalho, considerando-se somente as peças que não eram mais refugadas pela produção.

Os meios utilizados para secagem do ar comprimido são múltiplos. Vamos nos referir aos três principais, tanto pelos resultados finais quanto por sua maior difusão.

Secagem por refrigeração

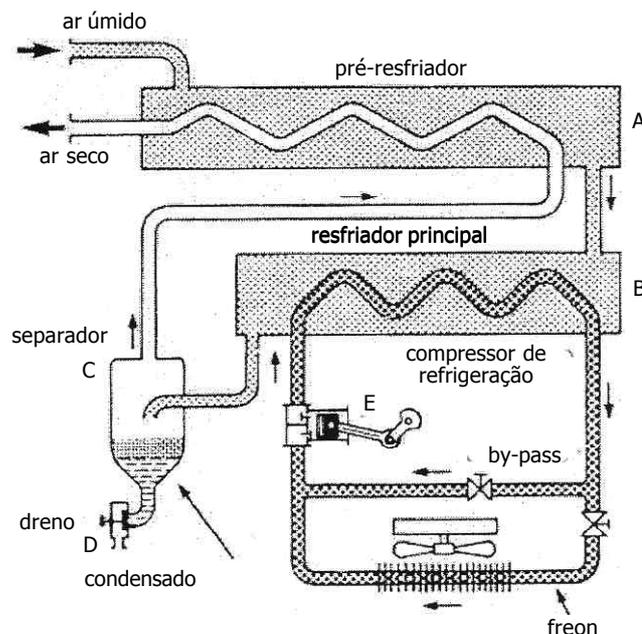
O método de desumidificação do ar comprimido por refrigeração consiste em submeter o ar a uma temperatura suficientemente baixa a fim de que a quantidade de água existente seja retirada em grande



parte e não prejudique de modo algum o funcionamento dos equipamentos, porque, como mencionamos anteriormente, a capacidade do ar de reter umidade está diretamente relacionada à temperatura.

Além de remover a água, provoca, no compartimento de resfriamento, uma emulsão com óleo lubrificante do compressor, auxiliando na remoção de certa quantidade.

O método de secagem por refrigeração é bastante simples.



O ar comprimido quente passa, inicialmente, por um pré-resfriador (trocador de calor – A), sofrendo uma queda de temperatura causada pelo ar gelado que sai do resfriador principal (B). Em seguida passa pelo resfriador principal, onde é resfriado ainda mais, pois está em contato com um circuito de refrigeração.

Durante essa fase, a umidade presente no ar comprimido se transforma em minúsculas gotas de água condensadas e que são eliminadas pelo separador (C), onde a água depositada é vazada através de dreno (D) para a atmosfera.

A temperatura do ar comprimido é mantida entre 0,65 e 2,48, no resfriador principal, por meio de um termostato que atua sobre o compressor de refrigeração (E).

O ar comprimido seco volta novamente ao trocador de calor inicial (A), causando o pré-resfriamento no ar úmido de entrada, coletando parte do calor desse ar. O calor adquirido serve para recuperar sua energia e evitar o resfriamento por expansão que ocasionaria a formação de gelo, caso fosse lançado a uma baixa temperatura na rede de distribuição, devido à alta velocidade.

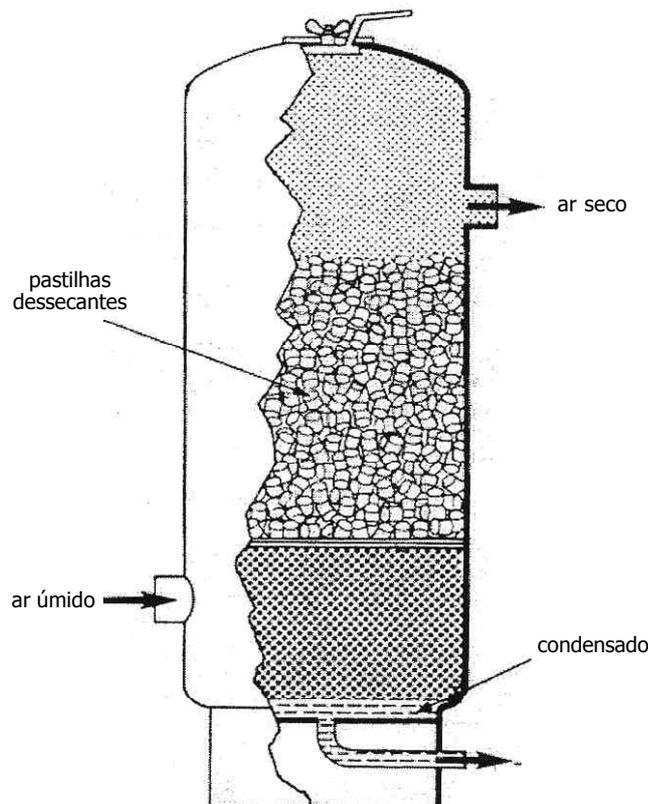


Secagem por absorção

É a fixação de um elemento, geralmente líquido ou gasoso, no interior da massa de um absorvedor sólido, resultante de um conjunto de reações químicas. Em outras palavras, é o método que utiliza em um circuito uma substância sólida, com capacidade de absorver outra substância líquida ou gasosa.

Esse processo é também chamado de Processo Químico de Secagem, pois o ar úmido atravessa um recipiente contendo um material higroscópico, insolúvel ou deliçescente que absorve a umidade do ar, processando-se uma reação química.

As substâncias higroscópicas são classificadas como insolúveis quando reagem quimicamente com vapor d'água, sem se liqüefazerem. São deliçescentes quando, ao absorver o vapor d'água, reagem e tornam-se líquidas.



As principais substâncias utilizadas são:

Cloreto de cálcio, cloreto de líbito, Dry-o-Lite.

Com a conseqüente diluição dessas substâncias, é necessária a sua reposição regular, caso contrário o processo torna-se deficiente.

A umidade retirada e a substância diluída são depositadas na parte inferior do recipiente, junto a um dreno, de onde são eliminadas para a atmosfera.



Secagem por adsorção

É a fixação da molécula de um líquido na superfície de um adsorvente geralmente poroso e granulado, ou seja, é o processo de depositar moléculas de uma substância (Ex. água) na superfície de outra substância, geralmente sólida (Ex. SiO_2).

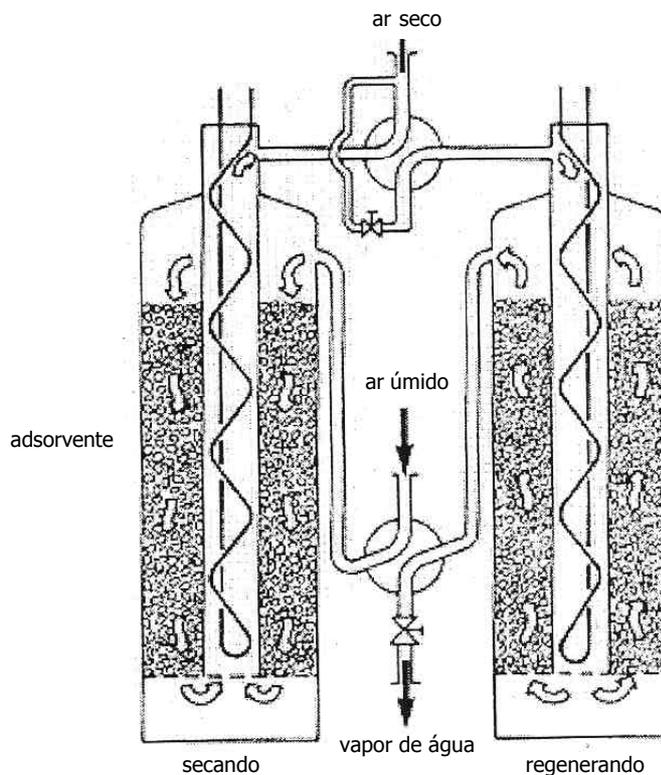
O processo de adsorção é regenerativo; a substância adsorvente, após estar saturada de umidade, permite a liberação de água quando há um aquecimento regenerativo.

Para secar o ar existem dois tipos básicos de secadores. As **torres duplas**: é o tipo mais comum. Elas são preenchidas com óxido de silício SiO_2 (Silicagel), alumina ativada Al_2O_3 , rede molecular ($\text{NaAlO}_2\text{SiO}_2$) ou ainda Sorbead. Vejamos seu funcionamento.

Através de uma válvula direcional, o ar úmido é orientado para uma torre, onde haverá a secagem do ar. Na outra torre ocorrerá a regeneração da substância adsorvente, que poderá ser feita por injeção de ar quente; na maioria dos casos, por resistores e circulação de ar seco.

Havendo o aquecimento da substância, provocaremos a evaporação da umidade, por meio de um fluxo de ar seco. A água em forma de vapor é arrastada para a atmosfera.

Terminado um período de trabalho preestabelecido, há inversão na função das torres, por controle manual ou automático na maioria dos casos; a torre que secava o ar passa a ser regenerada e a outra inicia a secagem.



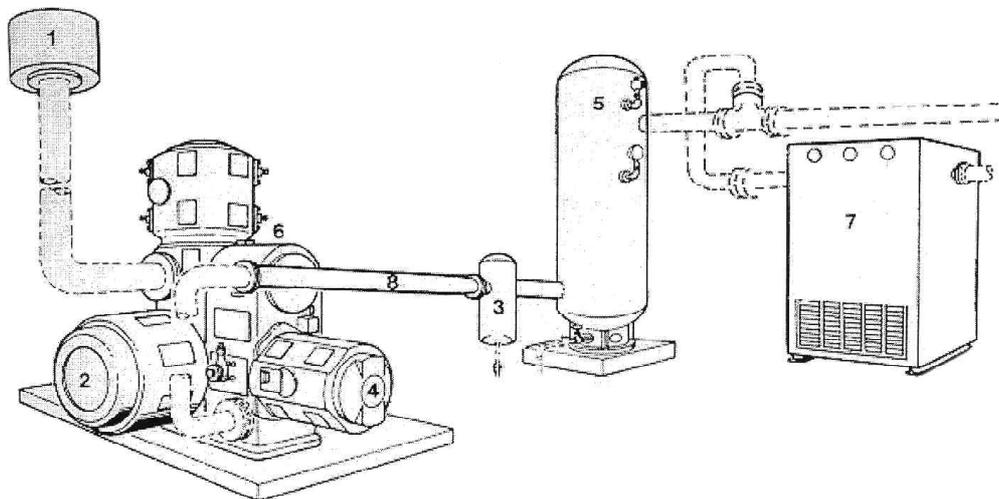


Observação

Ao realizar-se a secagem do ar com as diferentes substâncias, é importante atentar para a máxima temperatura do ar seco, como também para a temperatura de regeneração da substância. Estes são fatores que devem ser levados em conta por um bom desempenho do secador.

Na saída do ar deve ser prevista a colocação de um filtro para eliminar a poeira das substâncias, prejudicial para os componentes pneumáticos, bem como deve ser montado um filtro de carvão ativo antes da entrada do secador, para eliminar os resíduos de óleo, que em contato com as substâncias de secagem causam sua impregnação, reduzindo consideravelmente o seu poder de retenção de umidade.

Como vimos, é de grande importância a qualidade do ar que será utilizado. Essa qualidade poderá ser obtida desde que os condicionamentos básicos do ar comprimido sejam concretizados, representando menores índices de manutenção, maior durabilidade dos componentes pneumáticos, ou seja, será obtida maior lucratividade em relação à automatização efetuada.



- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1 - Filtro de admissão | 5 - Reservatório |
| 2 - Motor elétrico | 6 - Resfriador intermediário |
| 3 - Separador de condensado | 7 - Secador |
| 4 - Compressor | 8 - Resfriador posterior |

Unidade de condicionamento

Nesta Seção...

Filtro ◀

Válvula reguladora de pressão ◀

Manômetro ◀

Lubrificador ◀

Pressostato ◀



Unidade de condicionamento

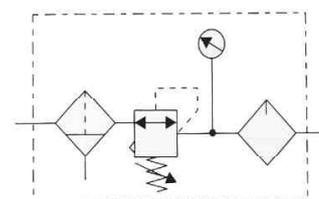
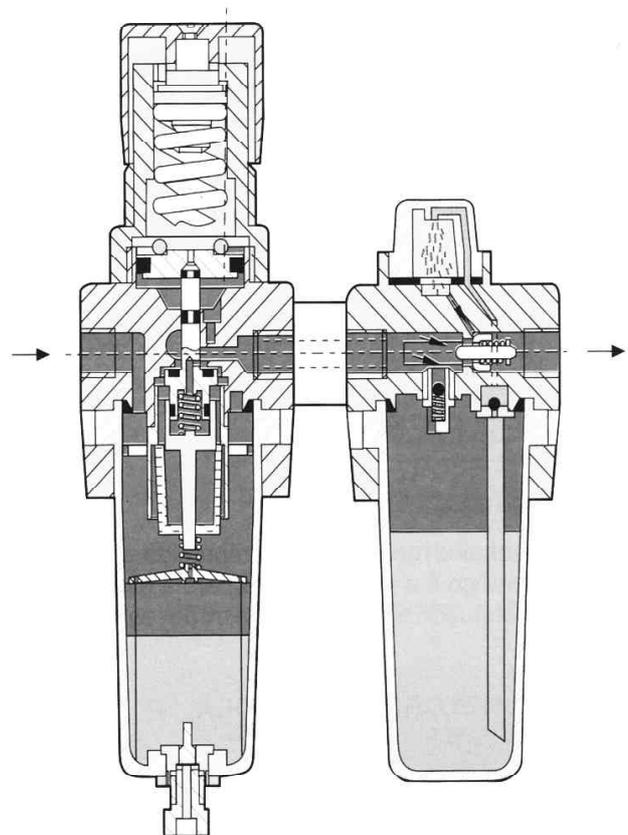
Após passar por todo o processo de produção, desumidificação e distribuição, o ar comprimido deve sofrer um último condicionamento, antes de produzir o seu real desempenho.

A unidade de condicionamento do ar comprimido consiste, basicamente, de: filtragem com dreno, regulagem da pressão com manômetro e pulverização de uma certa quantidade de óleo para lubrificação de todas as partes mecânicas dos componentes pneumáticos.

A utilização desta unidade de serviço é indispensável em qualquer tipo de sistema pneumático, do mais simples ao mais complexo; ao mesmo tempo em que permite aos componentes trabalhar em condições favoráveis, prolonga sua vida útil.

Uma duração prolongada e o funcionamento regular de qualquer componente em um sistema pneumático dependem antes de mais nada do grau de filtragem, da estabilidade da pressão de alimentação do equipamento e da lubrificação das partes móveis.

Isto tudo é literalmente superado quando se aplicam nas instalações dos dispositivos, máquinas etc. os componentes de tratamento preliminar do ar comprimido: filtro, válvula reguladora redutora de pressão e lubrificador, que reunidos formam a unidade de condicionamento ou unidade de conservação, ou unidade de manutenção, como também é conhecida.





Filtro

Os sistemas pneumáticos são sistemas abertos, pois o ar comprimido, após ser utilizado na realização do trabalho, é lançado de volta na atmosfera, enquanto nos compressores se aspira ar livre constantemente.

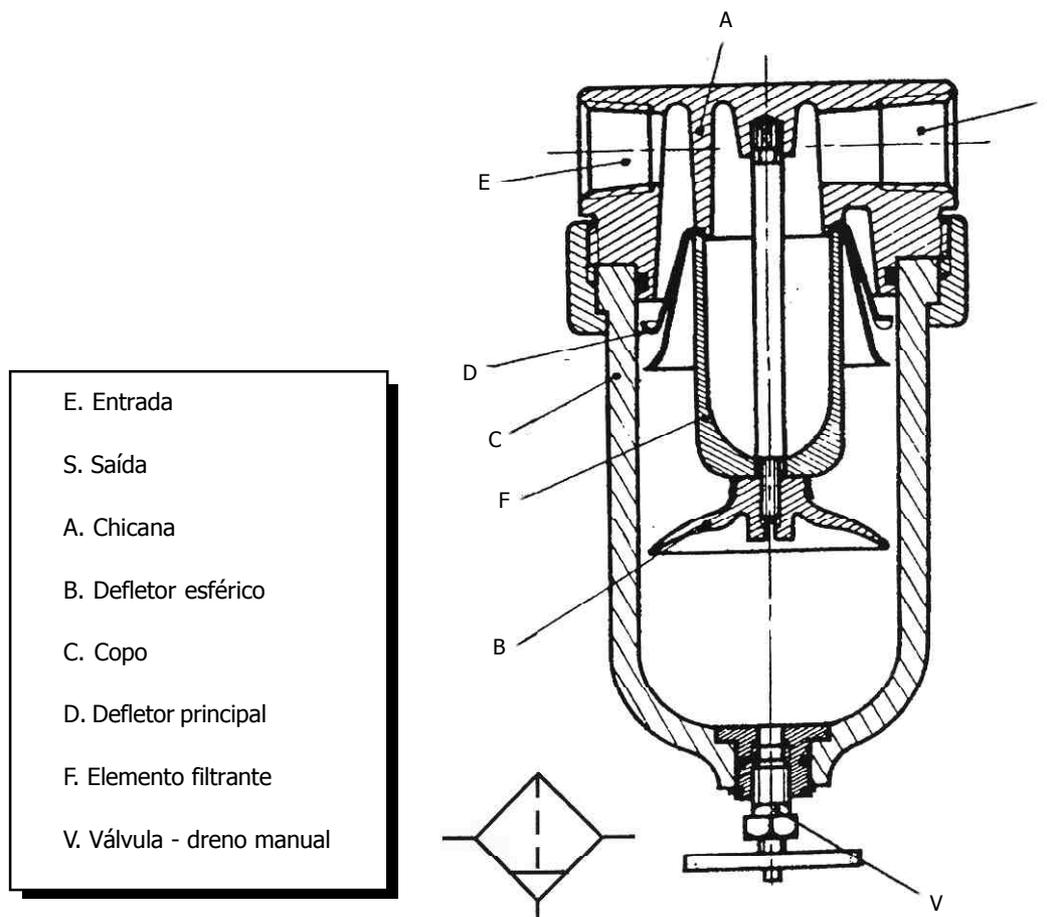
Este ar está sujeito à contaminação de partículas sólidas procedentes da tubulação de distribuição e contaminantes atmosféricos.

Uma quantidade dessa partícula é retida na entrada do compressor (filtro), outra parte fica suspensa e é arrastada pelo fluxo de ar comprimido, agindo como abrasivos nas partes móveis dos equipamentos pneumáticos quando em funcionamento.

A filtragem do ar consiste na aplicação de equipamentos capazes de reter impurezas, (impurezas sólidas), suspensas no fluxo. O equipamento utilizado neste objetivo é o filtro de ar (figura a seguir), que atua sobre duas formas distintas:

- pela ação da força centrífuga;
- pela passagem do fluxo através de um elemento filtrante.

Princípio de Funcionamento





Analisando a figura, podemos verificar que:

- O fluxo de ar a ser filtrado é conectado ao orifício de entrada **E**.
- A chicana **A** impede a passagem, orientando o fluxo para baixo.
- Ao cruzar o defletor **D**, o fluxo experimenta um movimento rotacional de alta velocidade. A força centrífuga originada lança as partículas líquidas e sólidas maiores e mais pesadas de encontro às paredes internas do copo **C**, onde deslizam para o fundo.
- O fluxo isento de impurezas maiores atinge outro defletor esférico **B**, que proporcionará nova mudança de direção e impedirá o arraste das partículas depositadas no fundo do copo.
- O fluxo é forçado contra o elemento filtrante **F**, que retém as partículas sólidas menores, atingindo o orifício de saída **S**.
- A válvula **V** no fundo do copo é utilizada como dreno manual das impurezas depositadas.

Válvula reguladora de pressão

Instala-se este tipo válvula (figura a seguir) em um sistema pneumático para:

- Regular a pressão de trabalho dos equipamentos, reduzindo a pressão maior na entrada a um valor menor na saída, de acordo com as necessidades.
- Abastecer o sistema com um volume de ar comprimido sob pressão de trabalho ajustada, sempre que um atuador pneumático entrar em funcionamento.

P_1 . Orifício de conexão primária-entrada

P_2 . Orifício de conexão secundária-saída

A. Manopla

E. Êmbolo

F. Furo da membrana

O. Obturador

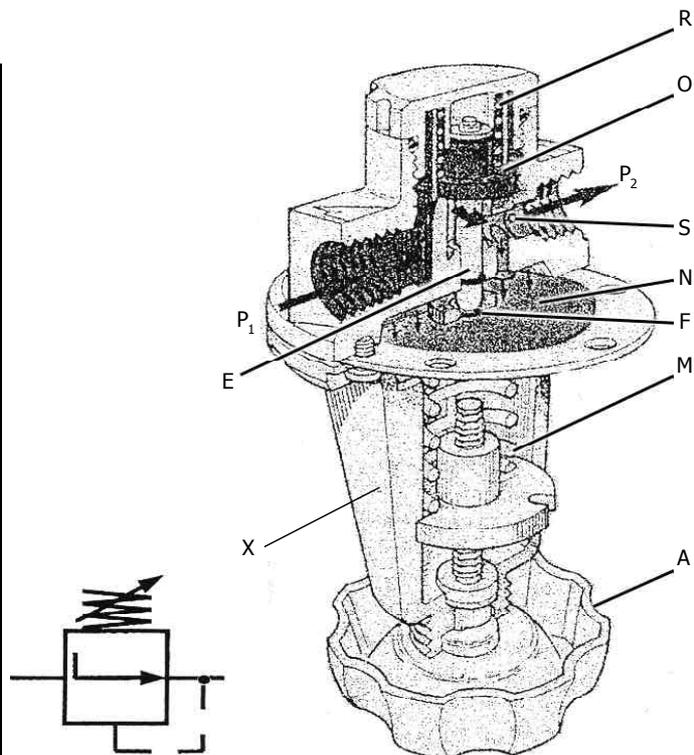
R. Mola de reposição

M. Mola principal (de regulagem)

N. Membrana

S. Sede

X. Furo no corpo de regulagem





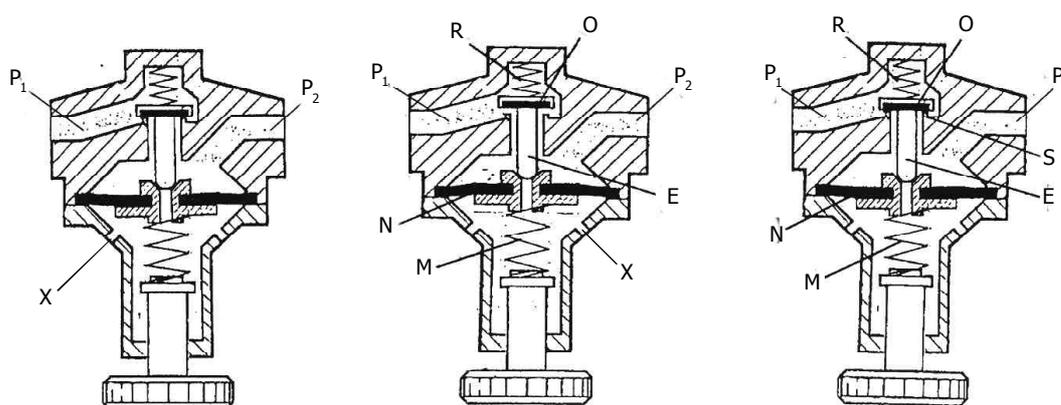
Observação

O funcionamento de um atuador pneumático requer consumo de ar comprimido e o mesmo provocará uma queda na pressão. Essa válvula opera compensando o volume de ar comprimido e a pressão.

Princípio de funcionamento

- A entrada de pressão é através do orifício de conexão primária **P1**.
- Girando-se a manopla **A**, ajusta-se na mola **M** a pressão de saída na válvula.
- O ajuste executado na mola **M** desloca a membrana **N**, o êmbolo **E** e o obturador **O**, comprimindo a mola de reposição **R**, causando a abertura da válvula.
- O fluxo tem passagem pela válvula do orifício de conexão primária **P1** (entrada), ao orifício de conexão secundária **P2** (saída).
- A pressão eleva-se no sistema conectado à saída da válvula até o valor ajustado.
- A pressão na saída da válvula exerce uma força sobre a membrana **N**, comprimindo a mola **M**.
- A mola de reposição **R** desloca o êmbolo **E** e o obturador **O** contra a sede **S**, bloqueando a passagem de ar, sempre que atingir o valor de pressão ajustado na saída da válvula.

Compensação da queda de pressão na saída





Princípio da regulagem de pressão na saída

- A mola **M** é comprimida.
- A compressão da mola **M** foi regulada para uma força de 25 kgf.
- A área da membrana **N** exposta à pressão da saída **P2** é de 5 cm²
- A pressão que se estabilizará no fluxo de saída na válvula será:

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

$$\text{Pressão} = \frac{25\text{kgf}}{5\text{cm}^2}$$

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força da mola}}{\text{Área da membrana}}$$

$$\text{Pressão} = 5\text{kgf/cm}^2$$

NOTAS

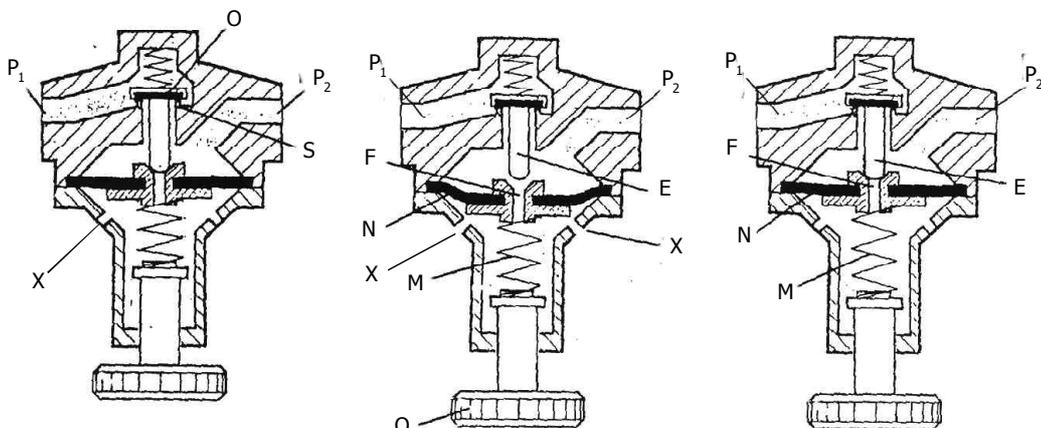


*Este tipo de válvula opera reduzindo a pressão maior na entrada primária **P1** a um valor de pressão menor na saída secundária **P2**.*

*Atingindo-se o valor de pressão ajustado na saída secundária **P2**, a válvula interrompe o fluxo estabilizando o valor ajustado.*

Funcionamento para redução da pressão

Observe as três figuras a seguir.





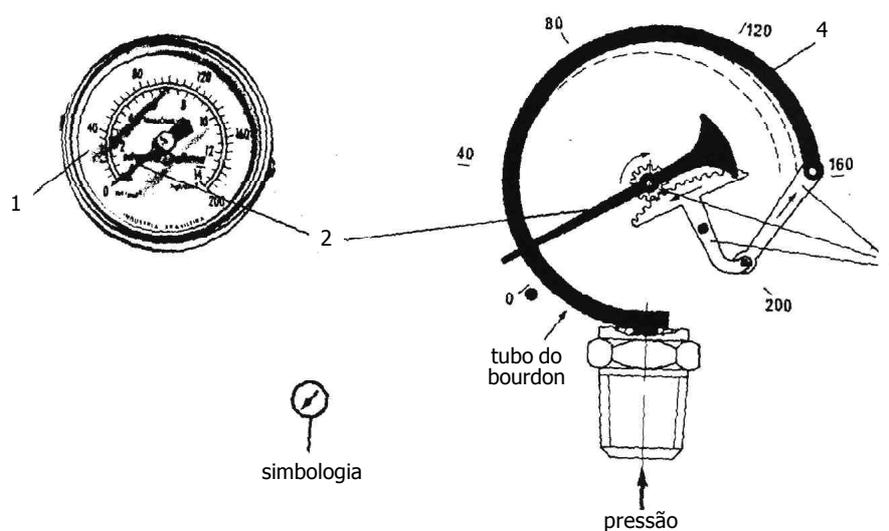
Vamos supor, agora, que a pressão no sistema conectado ao orifício de saída secundário P2 deve ser reduzida a um outro valor menor.

- a) A válvula encontra-se fechada com o obturador **O** pressionado contra a sede **S** bloqueando a passagem do fluxo do orifício de entrada **P1** ao orifício de saída **P2**. (Figura A)
- b) Na manopla **A** reduz-se a força da mola **P2** da válvula ajustada anteriormente, e exerce uma força sobre a membrana **N**.
- c) A membrana **N** é afastada da ponta do êmbolo **E**. (Figura B)
- d) Com esse afastamento o furo **F** existente na membrana estabelece a comunicação da pressão atuante na saída **P2** para a atmosfera através do orifício de escape **X**.
- e) Esse escape de ar provoca uma diminuição da pressão na saída **P2** da válvula.
- f) Atingindo-se o novo valor de pressão ajustado a mola **M** torna a expandir-se deslocando a membrana **N** contra a ponta do êmbolo **E**, bloqueando o furo **F**. (Figura C)
- g) O bloqueio do furo **F** impede o escape de ar para a atmosfera, e a nova pressão ajustada em **P2** é estabilizada.

Manômetro

É um instrumento que indica pressão relativa e positiva. Instala-se este tipo de equipamento em um sistema pneumático para a medição e indicação de energia de pressão no ar comprimido.

Princípio de funcionamento





Funcionamento

- O tubo de **Bourdon** é submetido a pressão e tende a deformar-se.
- A deformação do tubo de **Bourdon** é transmitida às alavancas e engrenagens.
- O deslocamento das alavancas e engrenagens é transmitido a um ponteiro.
- O deslocamento do ponteiro sobre a escala de referência indicará o valor da pressão.

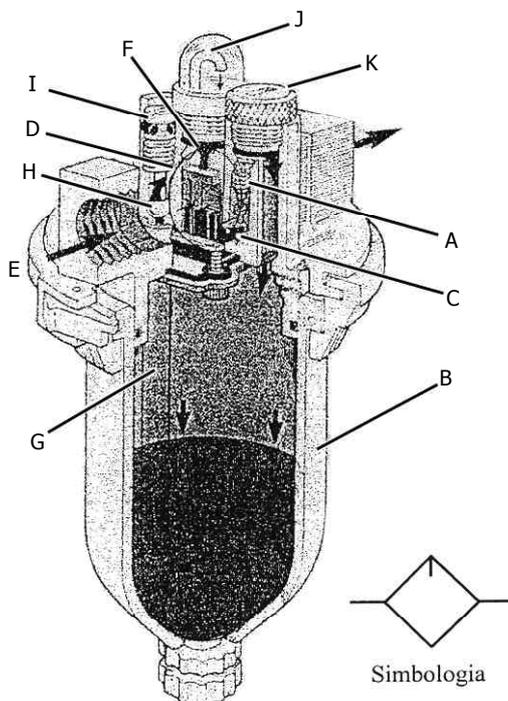
Lubrificador

Os equipamentos instalados em sistemas pneumáticos possuem partes móveis que estão sujeitas a atritos e desgastes. Para minimizar estes efeitos os equipamentos devem ser lubrificados. O método empregado neste caso é a lubrificação por meio do ar comprimido, e o equipamento utilizado é o lubrificador (figura a seguir).

O processo consiste em misturar-se óleo lubrificante no fluxo do ar comprimido em que obtém-se um aspecto de névoa lubrificante.

O ar comprimido sob o aspecto de névoa lubrificante em contato direto com as partes internas dos equipamentos, estabelecerá a formação de uma película lubrificante.

A lubrificação deve ser efetuada de modo controlado, atingindo todos os equipamentos do circuito, não devendo porém ser excessiva, o que acarretaria um funcionamento irregular do mecanismo devido a uma deposição de óleo lubrificante no interior dos equipamentos.



- | |
|---------------------------------|
| A. Válvula de by pass |
| B. Copo |
| C. Restrição |
| D. Venturi |
| E. Entrada |
| F. Canal de comunicação |
| G. Tubo de retenção |
| H. Válvula de retenção |
| I. Válvula de controle de fluxo |
| J. Válvula de controle de fluxo |
| K. Bujão de reposição de óleo |



Princípio de funcionamento

Quando temos o ar entrando através do orifício **E**, uma pequena parte do seu fluxo é canalizada através da válvula **A** para o interior do copo **B**, onde é pressurizado junto com o óleo antes de chegar à saída **S**.

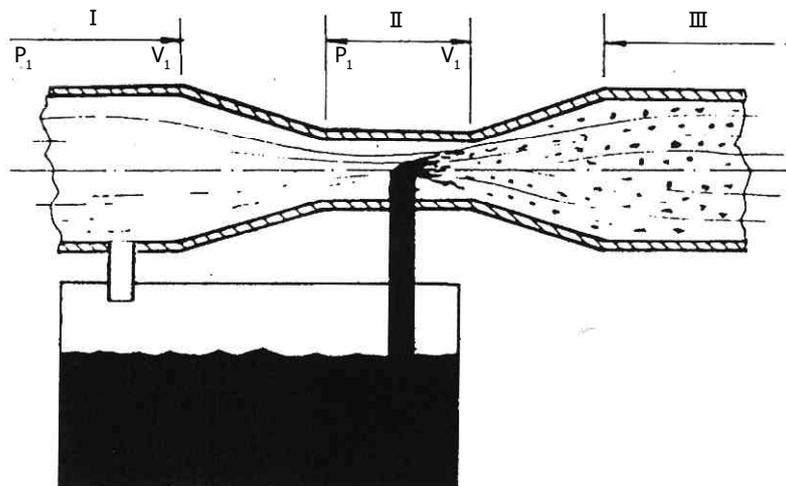
Em um sistema em repouso não há fluxo, portanto não existe lubrificação. Existindo uma demanda de ar por parte do circuito e consequentemente fluxo, este, antes de seguir para saída, encontra uma resistência oferecida pela restrição **C** que tem por finalidade assegurar que uma pequena parte do fluxo passe por um pequeno orifício, Venturi **D**, causando uma diferença de pressão; o restante do fluxo passa ao seu redor.

Devido à existência do fluxo, uma diferença de pressão é produzida em **F**, efeito pelo qual o óleo é empurrado através do tubo pescador **G** pela pressão de entrada, sempre presente no interior do copo **B** e maior que a pressão no ponto **F**.

O óleo que sobe pelo tubo pescador passa ao redor de uma pequena esfera, válvula de retenção **H**, seguida de um parafuso cônico **I** válvula de controle de fluxo, de onde é possível controlar a quantidade de óleo que deve chegar do tubo de elevação **J** e daí para a utilização. Através da diferença de pressão atuante no interior do copo e pela pressão atuante no interior do copo e pela pressão que age em **F**, o óleo é obrigado a gotejar no Venturi **D**, seguindo-se imediata nebulização. O óleo nebulizado se mescla com o restante do fluxo de ar e vai para a saída.

O lubrificador funciona segundo o princípio de Venturi.

Uma queda de pressão provocada na região de estrangulamento é utilizada para a admissão de óleo e também para misturá-lo ao fluxo de ar, formando uma névoa.





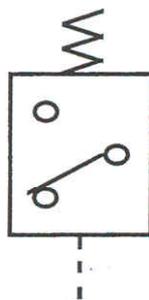
- a) O fluxo de ar comprimido percorre uma tubulação com uma redução de secção. Observa-se neste caso:
- No trecho I as características do fluxo serão:
uma velocidade **V1**
uma pressão **P1**
 - No trecho II as características do fluxo serão:
uma velocidade **V2**
uma velocidade **P2**
 - No trecho II, o aumento da velocidade acarretará uma diminuição na pressão.
V2 > V1
P2 < P1
- b) No trecho I, é aplicada a pressão **P1** sobre um volume de óleo.
- c) No trecho II, criou-se uma queda de pressão na restrição.
- d) Como a pressão **P1** é maior que **P2**, no tubo pescador, observa-se um arraste de óleo.
- e) O volume de óleo arrastado é pulverizado pelo fluxo de ar comprimido ao cair na tubulação.

Pressostato

É um equipamento utilizado para controlar ou regular uma pressão em circuitos hidráulicos ou pneumáticos.

Transforma uma variação de pressão em sinal elétrico instantâneo, quando os limites máximo e mínimo de regulação fixados são atingidos.

Empregam-se pressostatos em instalações onde, através da intensidade de um sinal pneumático (pressão) pré-ajustado, é acionado um contato elétrico, que, por sua vez, comandará uma solenóide, um motor elétrico etc.

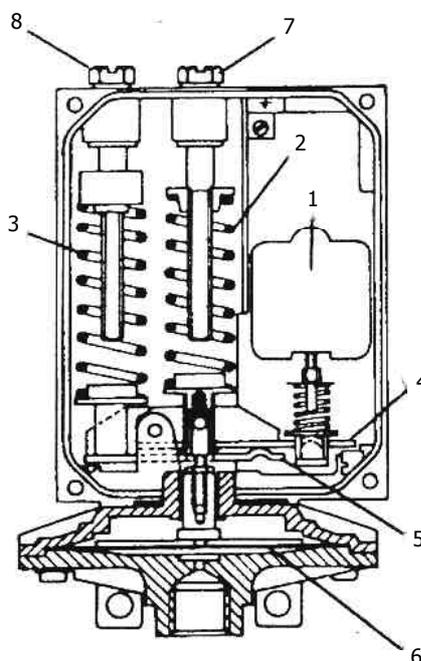




Vamos a seguir apresentar um exemplo de pressostato utilizado em um compressor, para ligar e desligar um motor elétrico, de acordo com uma pressão ajustada de trabalho.

Composição:

1. Contato elétrico à ação brusca
2. Mola de regulagem do ponto alto
3. Mola de regulagem do ponto baixo
ponto alto – ponto baixo = diferencial
4. Alavanca do ponto alto
5. Alavanca do ponto baixo
6. Membrana (ou pistão) que recebe a pressão e transmite o esforço
7. Parafuso de regulagem do ponto alto
8. Parafuso de regulagem do ponto baixo



Funcionamento

Ponto alto: Quando o esforço da pressão atua sobre a membrana (ou pistão) 6 e seu valor é superior ao esforço da mola 2, provoca o deslocamento da alavanca 4, que faz mudar o estado elétrico do bloco de contatos 1. Teremos atingido, então, o valor do ponto alto de regulagem.

Ponto baixo: Quando o esforço da pressão diminui e torna-se inferior ao esforço da mola 2, a alavanca 4 desce e entra em contato com a alavanca 5, o esforço da mola 3 do ponto baixo se opõe à descida da alavanca 4 e se soma ao esforço da pressão ainda existente. Assim que a soma dos esforços (pressão + mola 3) torna-se inferior ao esforço da mola 2, o contato retorna ao estado inicial. Teremos, neste momento, atingido o ponto baixo de regulagem.



Considerando que este pressostato comanda o funcionamento de um motor elétrico que aciona um compressor:

- *o ponto alto de regulagem é atingido quando a pressão do compressor atinge a pressão máxima, e o motor elétrico é desligado;*
- *a regulagem do ponto baixo é atingida quando a pressão cai até o mínimo operacional, e o pressostato volta a ligar o motor elétrico para elevar a pressão do reservatório.*

Atuadores pneumáticos

Nesta Seção...

- Atuadores lineares ◀
- Tipos de cilindros pneumáticos ◀
- Atuadores rotativos ◀
- Tipos de motores pneumáticos ◀



Atuadores pneumáticos

Os atuadores pneumáticos são dispositivos que estão localizados no final de um circuito pneumático, onde se realizam os trabalhos mecânicos após o ar comprimido percorrer todo o circuito.

Significa dizer que os atuadores pneumáticos convertem energia pneumática em mecânica. Quando o ar comprimido aciona esses atuadores, podemos observar o fenômeno da transformação da energia pneumática em energia mecânica (força ou torque), nos dois sentidos de movimento do atuador.

Estes atuadores estão divididos em dois grupos.

Atuadores lineares

São aqueles que convertem a energia pneumática em movimento linear ou alternativo. Nesta família os mais utilizados são os cilindros pneumáticos.

Atuadores rotativos

São aqueles que convertem a energia pneumática em momento torsor (torque), com movimento limitado ou contínuo. Neste caso temos os osciladores e os motores pneumáticos (palhetas, engrenagens, pistões etc.).

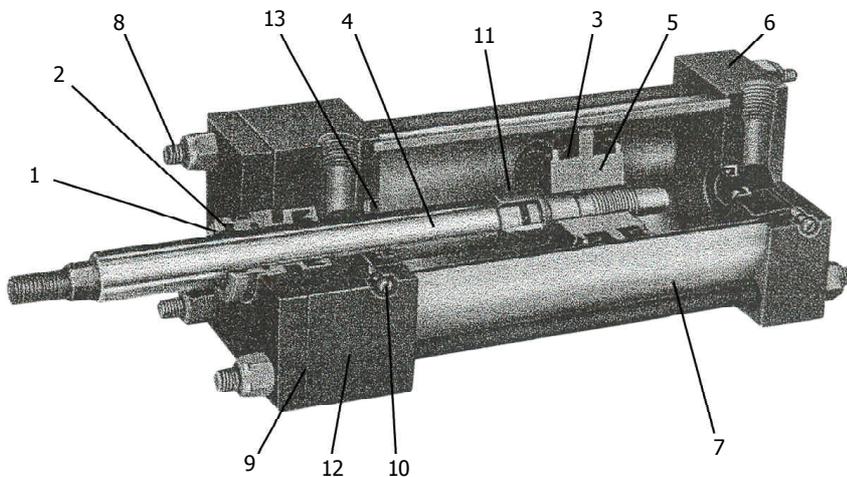
A seguir serão apresentados, de forma detalhada, ambos os grupos.

Atuadores lineares

São representados pelos cilindros pneumáticos, pois estes são os mais utilizados na automatização de máquinas em diversos segmentos da indústria. Diferenciam-se entre si por detalhes construtivos em função de suas características de funcionamento e utilização. Podem ser fornecidos com as mais diversas opções de montagem (fixações), com ou sem amortecimento, acessórios e com curso de trabalho especificado pelo usuário.



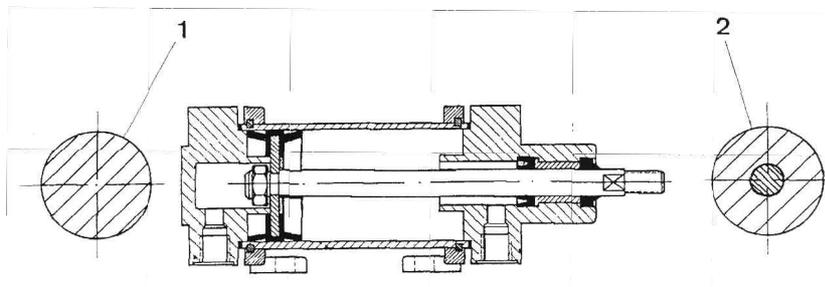
Características de um cilindro pneumático



- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Mancal | 8. Tirantes de fixação |
| 2. Anel raspador da haste (limpeza) | 9. Tampa de fixação do mancal |
| 3. Retentor do êmbolo (gaxeta) | 10. Válvula de controle de fluxo, do amortecimento |
| 5. Êmbolo ou pistão | 11. Colar do amortecedor dianteiro |
| 6. Tampa traseira com conexão | 12. Tampa dianteira com conexão |
| 7. Camisa, ou tubo cilíndrico | 13. Retentor do amortecimento |

Diferença de áreas

Vale ressaltar que neste caso temos uma diferença nos esforços desenvolvidos no movimento de avanço e no movimento de retorno, pois as áreas efetivas de atuação da pressão são diferentes. O que há na realidade é que a área da câmara traseira é maior do que a da câmara dianteira, pois nesta última temos que considerar o diâmetro da haste, onde a área correspondente a sua secção não estará sujeita à ação desta pressão.



No êmbolo do cilindro, distinguem-se 2 áreas:

- 1) Área do êmbolo = toda a área do êmbolo
- 2) Área anular do êmbolo = a área do êmbolo menos a área da haste do êmbolo.



Força desenvolvida no cilindro pneumático

A força máxima desenvolvida pelo cilindro pneumático é função da pressão a que o cilindro é submetido e das áreas do êmbolo.

Exemplos:

Ao submetermos um cilindro pneumático à pressão de 5kgf/cm², com uma área de êmbolo de 20cm², a força máxima desenvolvida será:

Sabemos que:

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

Logo: Força = Pressão x Área

Substituindo: Força = 5kgf/cm² x 20cm²

Teremos: Força = 100kgf

Vimos então que a força máxima desenvolvida pelo cilindro será de 100kgf, no curso de avanço.

Agora vamos submeter o mesmo cilindro à mesma pressão de 5kgf, com uma área anular de êmbolo de 10cm². Vamos definir, então, qual será a força máxima desenvolvida no seu curso de retorno.

A força máxima desenvolvida pelo cilindro, neste caso, será de 50kgf, no curso de retorno.



Como já descrito no item anterior, a força desenvolvida para o curso de avanço é maior que a força desenvolvida para o curso de retorno, pois a área do êmbolo (20cm²) é maior que a área anular do êmbolo (10cm²).

Tipos de cilindros pneumáticos

Os mais usuais são os chamados de simples efeito, ou simples ação; e duplo efeito, ou dupla ação. Por isso daremos mais ênfase a estes em nossas apresentações a seguir.



Cilindros pneumáticos de simples ação

Recebem esta denominação porque utilizam ar comprimido para produzir trabalho, em um único sentido de movimento, seja para avanço ou retorno. Possuem somente um orifício de conexão, por onde o ar entra e sai do seu interior.

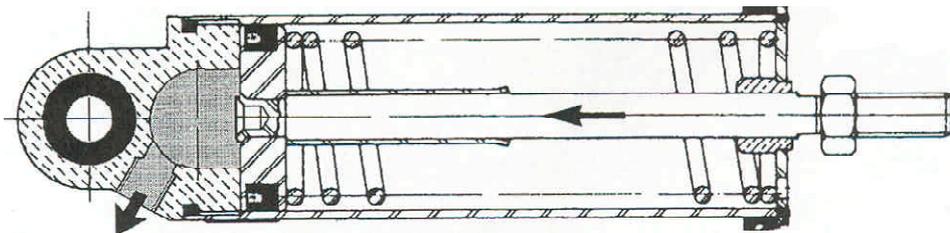
No lado oposto à entrada, é dotado de um pequeno orifício que serve como respiro, visando impedir a formação de contrapressão internamente, causada pelo ar residual.

O movimento de retorno, em geral, é conseguido através da ação de uma mola, ou força externa, permitindo assim que o cilindro assuma a sua posição inicial de repouso.

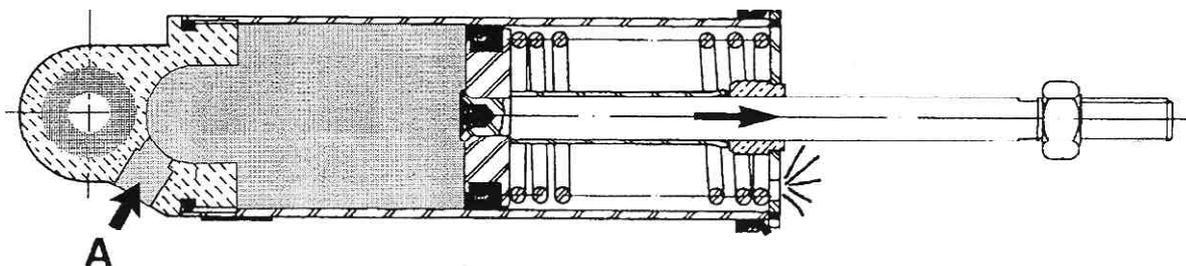
São comandados por válvulas direcionais de 3 vias, e uma de suas principais aplicações é a fixação de peças.

Princípio de funcionamento

- a) O cilindro é mantido recuado por ação da força da mola.



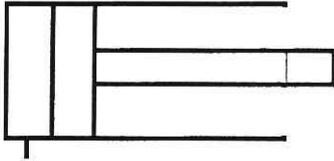
- b) Para o curso de avanço, o ar comprimido é admitido pela conexão A, deslocando o êmbolo e comprimindo a mola. O ar na outra câmara é descarregado pelo orifício de escape para a atmosfera.



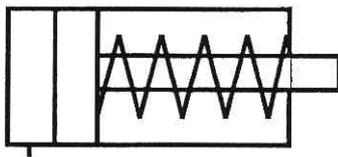


Principais simbologias

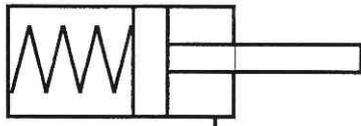
- Cilindros de simples ação com retorno por carga externa.



- Cilindros de simples ação com retorno por mola.



- Cilindros de simples ação com avanço por mola.



Cilindro pneumático de dupla ação

Quando um cilindro pneumático utiliza ar comprimido para produzir trabalho em ambos os sentidos de movimento (avanço e retorno), podemos dizer que estamos diante de um cilindro de dupla ação. Suas aplicações são as mais diversas possíveis.

Normalmente, são comandadas por válvulas direcionais de 4 ou 5 vias.

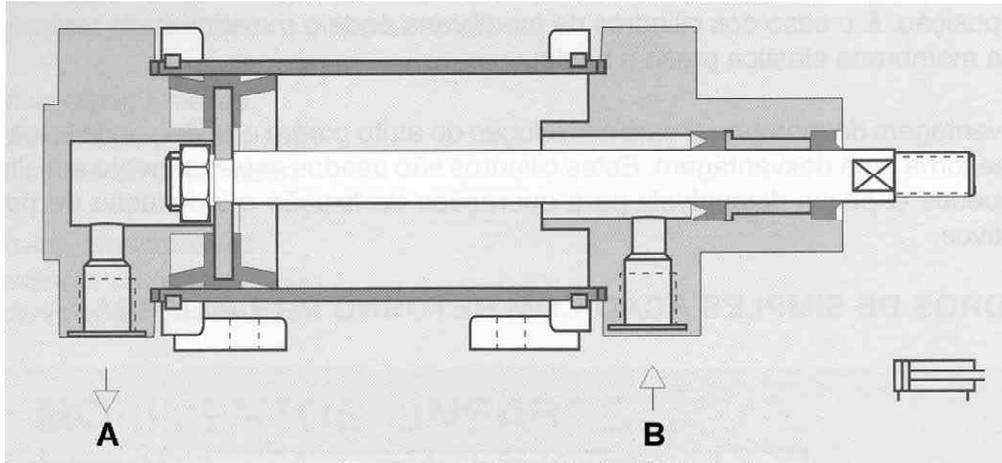
Princípio de funcionamento

Os movimentos de avanço e retorno da haste de um cilindro de dupla ação é conseguido através da alternância da admissão e escape do ar comprimido nas câmaras traseira e dianteira do cilindro, onde o mesmo age sobre as superfícies do êmbolo.

Significa dizer que quando uma câmara está admitindo ar a outra o está liberando para a atmosfera. Esta operação é mantida até o momento da inversão do comando da válvula direcional, quando alternaremos a admissão de ar nas câmaras, fazendo com que o êmbolo empurre a haste em sentido contrário:



- a) Para o curso de avanço, o ar comprimido é admitido na conexão **B**, e a conexão **A** permite o escape do ar contido na câmara dianteira para a atmosfera.
- b) O cilindro realiza o curso de retorno sob a ação do ar comprimido admitido na conexão **A**, e, por consequência, o ar contido na câmara traseira será expulso para a atmosfera através da conexão **B**.



Tipos de cilindros pneumáticos de dupla ação

Cilindros pneumáticos de haste passante

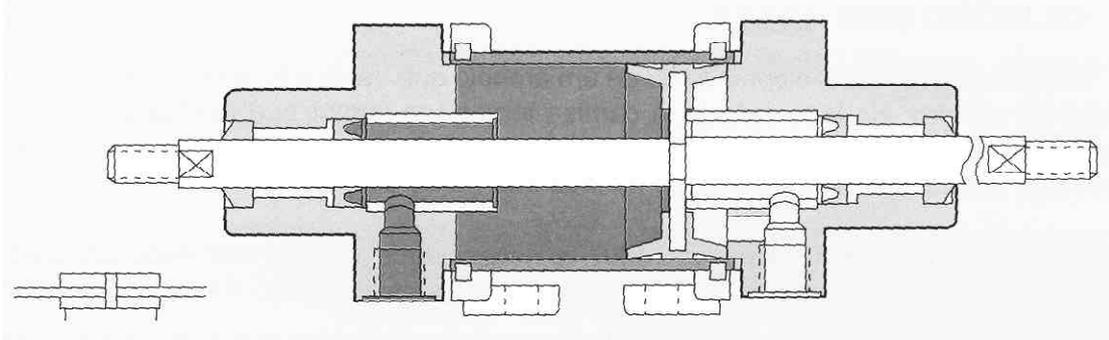
Também chamados de cilindro de haste dupla.

Este tipo de cilindro vem sendo utilizado em diversas aplicações nas indústrias. Possui duas hastes unidas ao mesmo êmbolo.

As duas faces do êmbolo possuem geralmente a mesma área, o que possibilita transmitir forças iguais em ambos os sentidos de movimentação.

Apresenta dois mancais de guia, um em cada tampa, oferecendo mais resistência às cargas laterais, bem como um melhor alinhamento.

Em função das necessidades de utilização, esse tipo de cilindro pode ser utilizado para várias aplicações, inclusive ser fixado pelas extremidades das hastes, deixando o corpo livre, ou, fixando pelo corpo, permitirá que as hastes se desloquem.



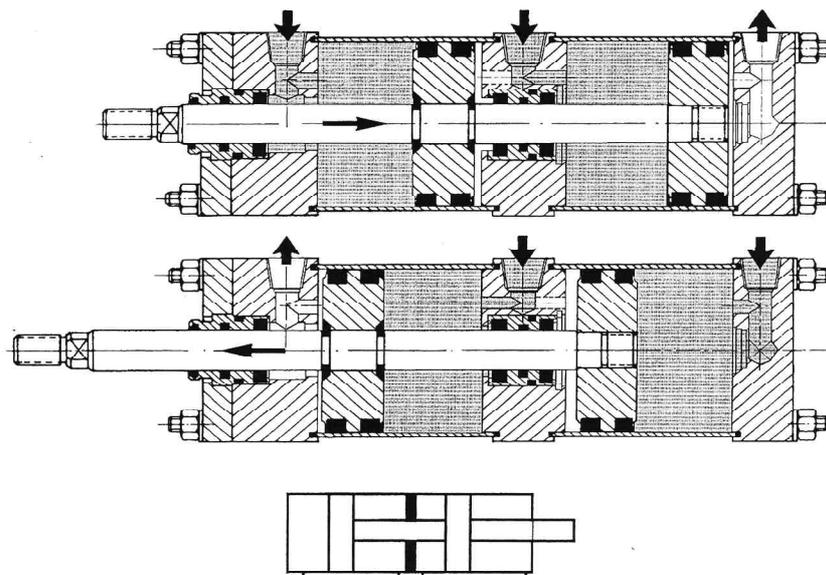
Cilindros pneumáticos duplex – geminado Tandem

Em sua construção, possuem dois êmbolos unidos por uma haste comum, separados entre si por meio de um cabeçote intermediário, que possui duas entradas de ar independentes.

Devido a sua forma construtiva, quando injetamos ar comprimido nas duas câmaras, no sentido de avanço, ou no retorno, teremos a ação do ar sobre as duas faces do êmbolo; com isso, a força produzida será o somatório das forças individuais de cada êmbolo. Isto nos permite conseguir mais força para executar um trabalho.

Sua aplicação seria indicada para os casos em que necessitamos de forças maiores e não dispomos de espaço suficiente para comportar um cilindro de maior diâmetro e não podemos aumentar a pressão de trabalho.

Mas vale ressaltar que, ao utilizá-lo, devemos considerar o seu comprimento, que é maior, portanto necessitando de maior profundidade para sua instalação.





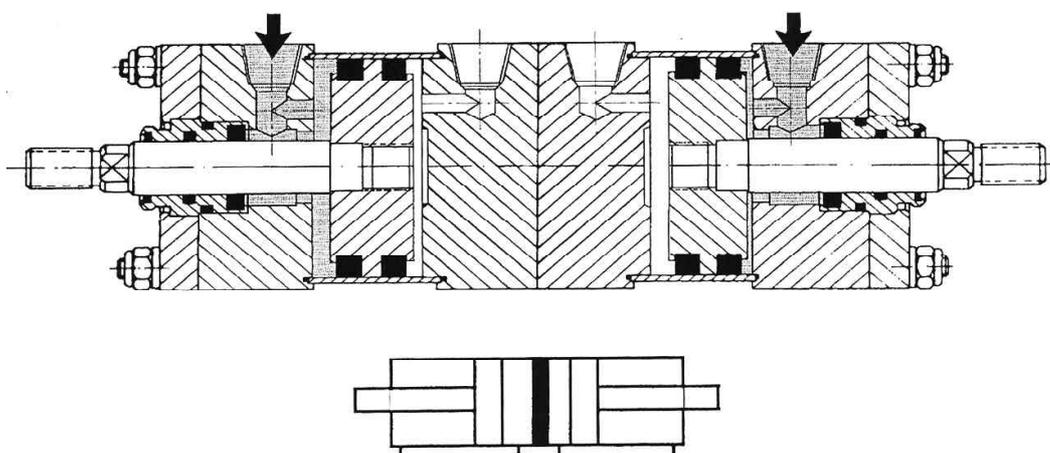
Cilindro pneumático duplex – geminado multiposicional

Consiste na realidade de dois ou mais cilindros de dupla ação unidos entre si pelas tampas traseiras, possuindo cada um as suas conexões de ar independentes.

Em termos práticos, esse tipo de montagem, possibilita três, quatro, ou mais comprimentos diferentes entre as extremidades das hastes ou comprimento diferentes entre posições de paradas dos êmbolos dos cilindros durante a sua operação.

As posições são obtidas em função da seqüência de entrada de ar comprimido e os cursos correspondentes.

Normalmente são aplicados em circuitos de seleção, distribuição, posicionamentos, comandos de dosagens e transporte de peças para operações sucessivas.



Cilindros pneumáticos de impacto

É um cilindro de dupla ação especial, com modificações, dispendo internamente de uma pré-câmara (reservatório) e o êmbolo na sua parte traseira dotado de um prolongamento.

Na parede divisória da pré-câmara, existem duas válvulas de retenção.

Estas modificações permitem que o cilindro desenvolva um impacto, devido à sua alta energia cinética obtida pela utilização da pressão imposta no ar.

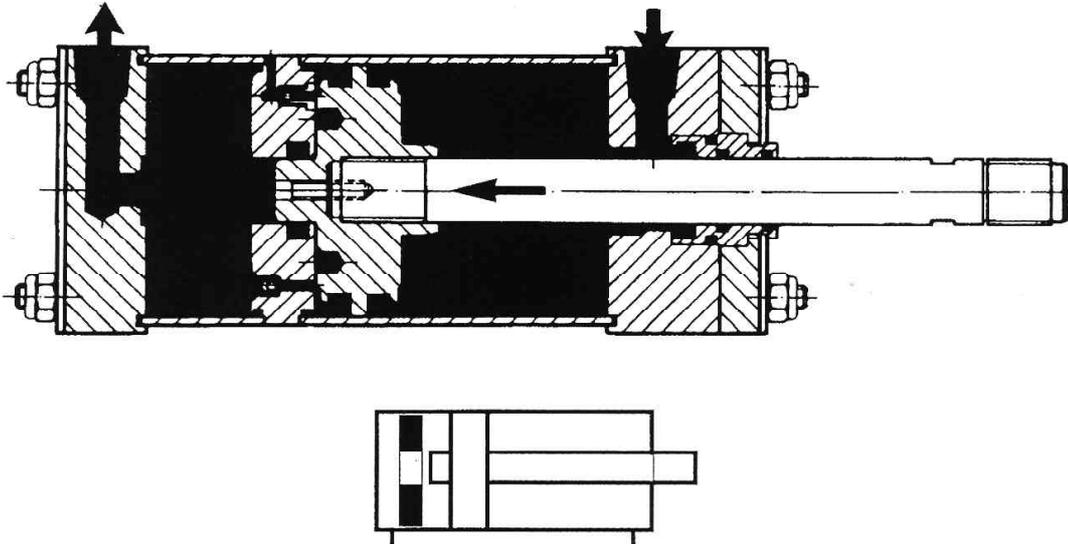
O impacto é conseguido através da transformação da energia cinética fornecida ao pistão acrescida da ação do ar comprimido sobre o êmbolo.

Como ilustração, um cilindro deste tipo, com diâmetro de 102mm, acionado por uma pressão de 7kgf/cm², desenvolve uma força de impacto equivalente a 3600kgf, enquanto um cilindro normal de mesmo diâmetro e de mesma pressão atinge somente 540kgf.

Sua aplicação pode ser sugerida quando necessitamos de grandes esforços durante pequenos espaços de tempo, como por exemplo: rebitagens, gravações, cortes etc.



Porém não é indicado para trabalho com grandes comprimentos de deformações, pois sua velocidade tende a diminuir após certo curso, em razão da resistência oferecida pelo material ou pela existência de amortecimento no cabeçote dianteiro.



Cilindro pneumático com amortecimento

É importante sabermos que os cilindros pneumáticos podem ser fornecidos com ou sem amortecimento nos fins de curso, dependendo das condições de aplicação.

Este amortecimento tem a finalidade de evitar cargas de choque, transmitidas aos cabeçotes (tampas) e ao êmbolo, no final de cada curso, amenizando-as.

Isso faz com que os cilindros que possuam este dispositivo tenham a sua vida útil prolongada, em relação aos outros que não o tenham.

Para os cilindros muito pequenos, este recurso não é utilizado, devido à própria limitação dimensional, além de na maioria dos casos não ser necessário, pois os esforços desenvolvidos são pequenos e não adquirem inércia significativa.

Na prática o usual é encontrarmos a aplicação de amortecimento em cilindros que possuam diâmetros acima de 30mm e cursos acima de 50mm.

O princípio de funcionamento baseia-se na retenção de parte da quantidade de ar da câmara que está sendo esvaziada no final do curso e inicia-se quando um colar, que envolve a haste, começa a encaixar-se num retentor, vedando a saída principal do ar, forçando-o a sair por uma restrição fixa ou regulável, escoando assim com uma vazão menor. Isto causa uma desaceleração gradativa na velocidade do pistão e absorve o choque.

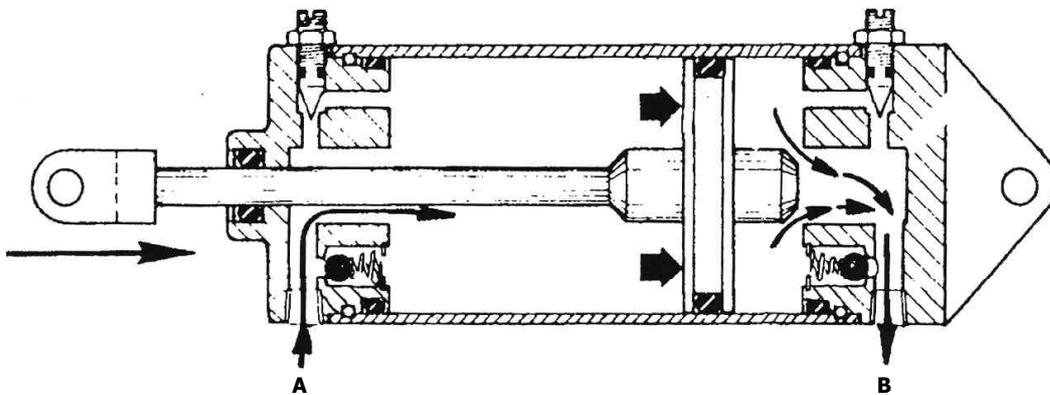


Vale salientar que o amortecimento só é eficiente quando utilizamos o curso completo do cilindro, pois o seu efeito só ocorre nos finais dos cursos.

Outra observação é quanto ao tempo de ciclo do equipamento, pois devemos estar conscientes de que este tipo de proteção acarreta um aumento no ciclo, devido às perdas de tempo em cada desaceleração do êmbolo.

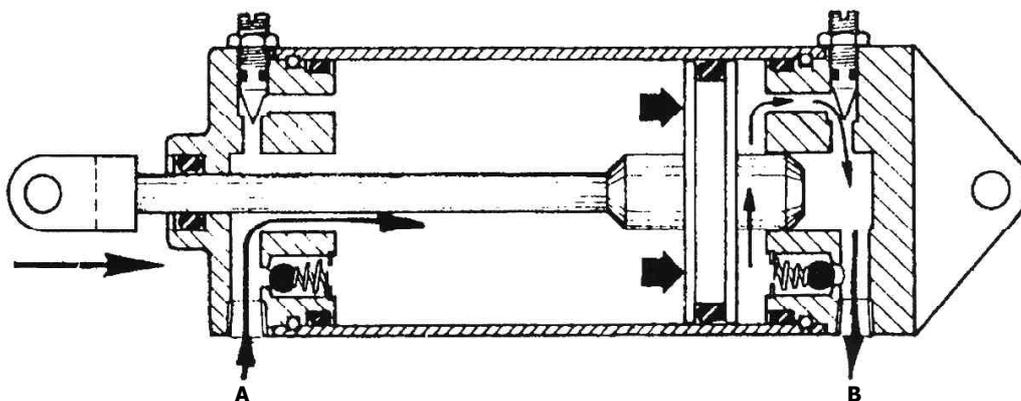
Cilindro pneumático com amortecimento no retorno

- a) O cilindro retorna com força e velocidades máximas sob efeito do ar comprimido admitido pela conexão **A**.
- b) O ar em exaustão tem passagem livre pela conexão **B**.



c) Próximo ao final do curso de retorno o ar em exaustão tem passagem de saída bloqueada pelo ressalto do êmbolo, formando uma câmara de amortecimento.

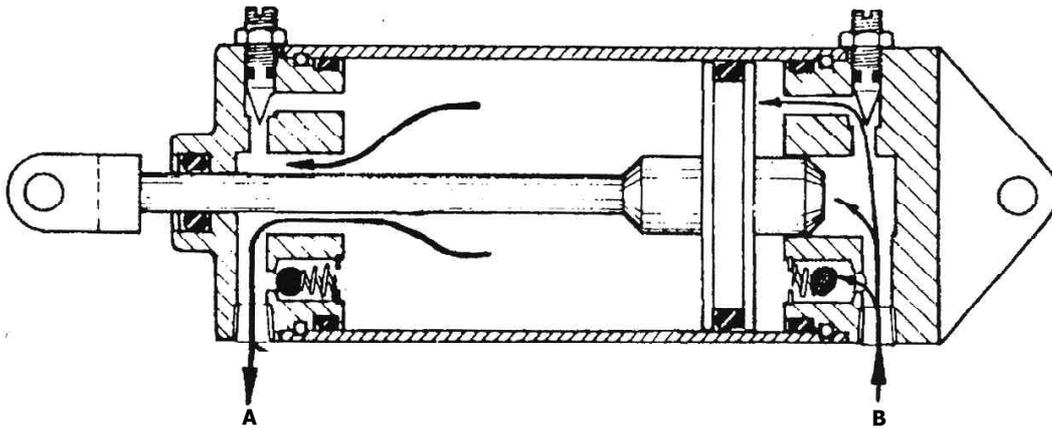
d) O ar contido na câmara de amortecimento tem sua saída restringida pela válvula reguladora de fluxo (final de curso com amortecimento).





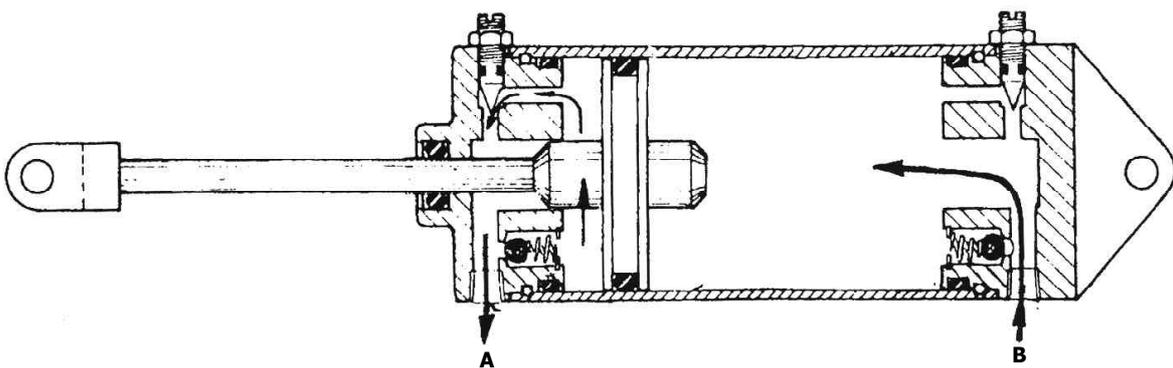
Cilindro pneumático com amortecimento no avanço

a) Para o curso de avanço o ar comprimido é admitido pela conexão **B** e tem passagem livre pela válvula de retenção, proporcionando um início de movimento à velocidade máxima.



b) Próximo ao final do curso de avanço, o ar em exaustão tem passagem de saída bloqueada pelo ressalto do êmbolo, formando uma câmara de amortecimento.

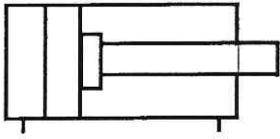
c) O ar que está contido na câmara de amortecimento tem sua saída restringida pela válvula reguladora de fluxo (final de curso com amortecimento).



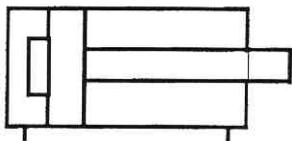


Símbolos para cilindros de dupla ação com amortecimento

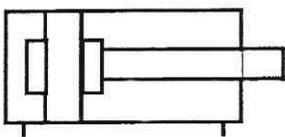
- 1) amortecimento dianteiro fixo



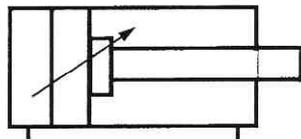
- 2) amortecimento traseiro fixo



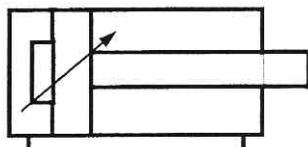
- 3) duplo amortecimento fixo



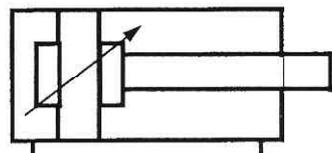
- 4) amortecimento dianteiro regulável



- 5) amortecimento traseiro regulável



- 6) amortecimento duplo com regulagem





Atuadores rotativos

Os atuadores rotativos são normalmente denominados atuadores pneumáticos rotativos ou cilíndricos rotativos e são instalados na parte final de um circuito pneumático, quando o trabalho a ser realizado é uma operação de rotação.

Convertem a energia pneumática em movimento rotativo, causando momento torsor, torque contínuo ou limitado. Estão agrupados em:

Osciladores pneumáticos

Consistem em um conversor onde o movimento retilíneo, obtido por intermédio de um fluido pressurizado, é convertido em movimento rotativo, com ângulo limitado.

O movimento retilíneo é produzido pelo ar comprimido ou óleo que age alternadamente sobre dois êmbolos fixos em uma cremalheira, engrenada a um pinhão. Basicamente, é um cilindro de duplo efeito que permite, em função da relação de transmissão, a obtenção do ângulo de rotação.

Motores pneumáticos

Na indústria moderna, o motor pneumático é cada vez mais empregado, especialmente onde é impossível e perigoso o uso de aparelhos elétricos ou quando a sua manutenção torna-se demasiadamente cara.

Outro referencial que indica a sua utilização é a presença de ambientes úmidos, corrosivos, quentes, ácidos, explosivos, ou com predominância de pó etc.

É bom ressaltar que os motores pneumáticos são o oposto dos compressores, ou seja, ele não é o gerador de ar comprimido, e sim o elemento que utiliza-se da energia contida no ar comprimido para realizar seu movimento.

Tipos de osciladores pneumáticos

Oscilador pneumático cremalheira x pinhão

Quando o ar age sobre uma face do êmbolo, provoca o deslocamento da cremalheira para a direita ou esquerda. O pinhão recebe o movimento e transmite o momento torsor criado para um eixo.

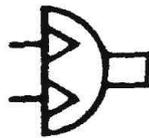
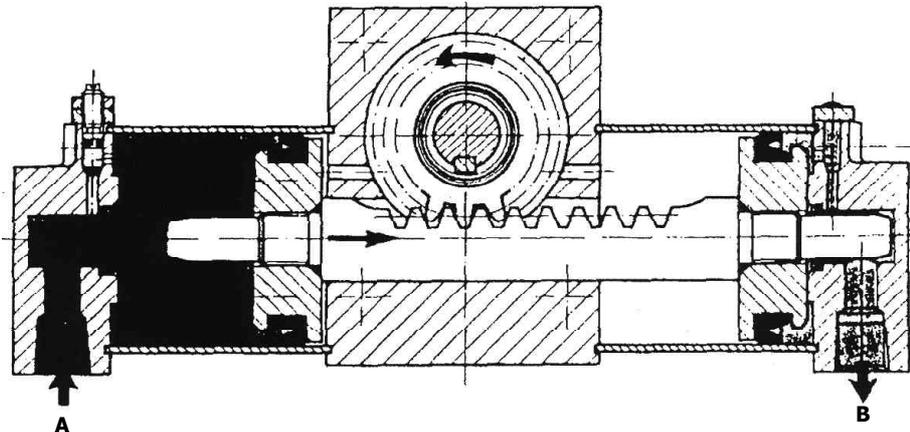
O torque produzido está em função do diâmetro do oscilador e da pressão utilizada, além da relação de transmissão.

Pode ser dotado de amortecimento no fim de curso, com simples ou duplo amortecimento, quando for necessário.



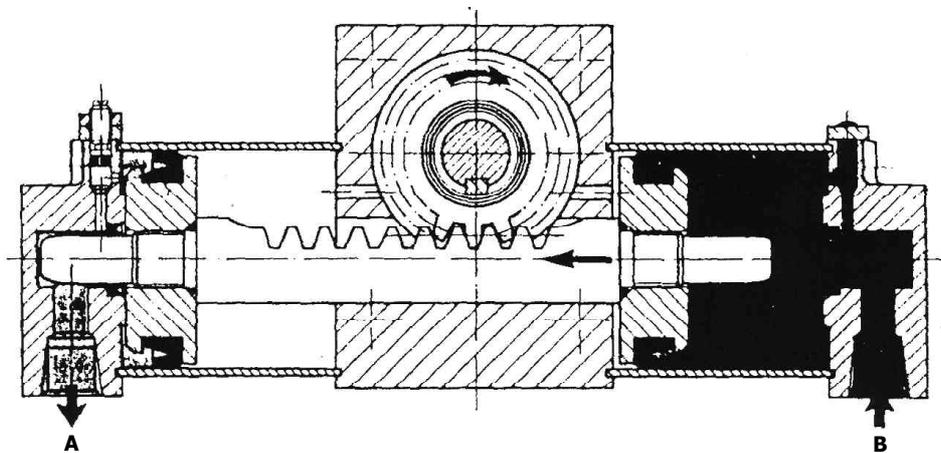
Princípio de funcionamento

Rotação do eixo de saída, no sentido anti-horário



- O ar comprimido é admitido pela conexão **A**, deslocando o êmbolo e a haste para a direita.
- O ar na outra câmara do êmbolo oposto é descarregado pela conexão **B**.
- O deslocamento da haste para a direita é transmitido à engrenagem como movimento rotativo no sentido anti-horário.

Rotação do eixo de saída no sentido horário





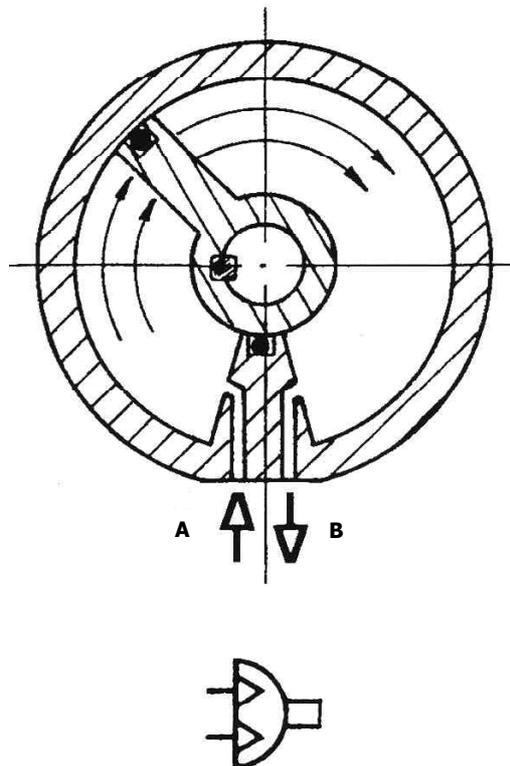
- O ar comprimido é admitido pela conexão **B**, deslocando o êmbolo e a haste para a esquerda.
- O ar na outra câmara do êmbolo oposto é descarregado pela conexão **A**.
- O deslocamento da haste para a esquerda é transmitido à engrenagem como movimento rotativo no sentido horário.

Oscilador pneumático de palheta

Neste tipo de oscilador encontramos uma palheta com movimento rotativo limitado, geralmente, a 300°.

Princípio de funcionamento

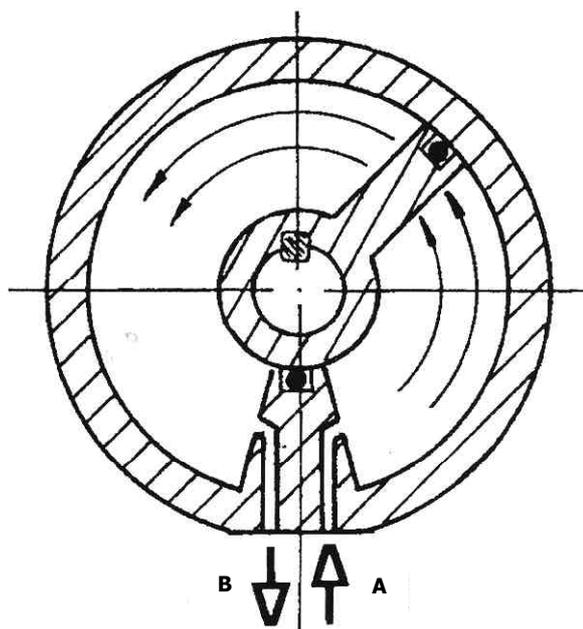
Rotação do eixo de saída, no sentido horário



- O ar comprimido é admitido pela conexão **A**, deslocando a palheta no sentido horário.
- O ar na câmara oposta da palheta é descarregada pela conexão **B**.



Rotação do eixo de saída no sentido anti-horário



- O ar comprimido é admitido pela conexão **B**, deslocando a palheta no sentido anti-horário.
- O ar na outra câmara oposta da palheta é descarregado pela conexão **A**.

Tipos de motores pneumáticos

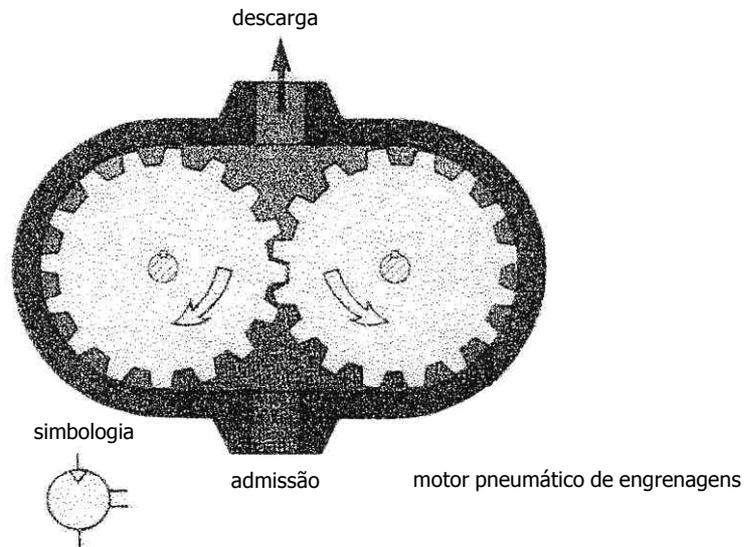
Motor pneumático de engrenagem

Composto basicamente de uma carcaça, um par de engrenagens, onde uma delas está acoplada ao eixo de saída, e a outra apoiada sobre mancais internos, que por sua vez aciona a primeira.

Princípio de funcionamento

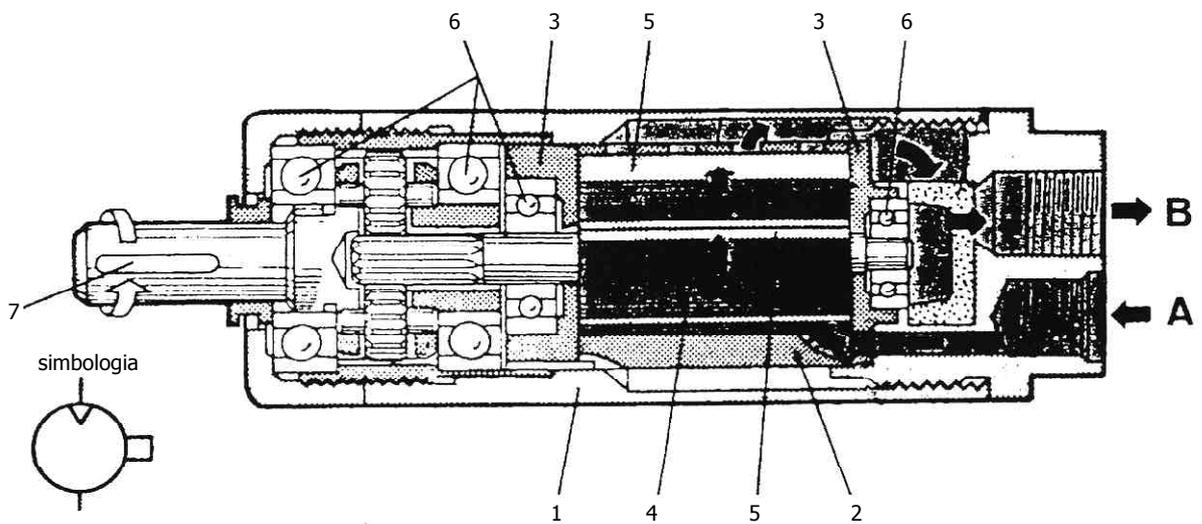
O momento de torção das engrenagens é gerado quando o ar comprimido atua sobre os flancos dos dentes, causando a rotação das engrenagens, que podem ser de dentes retos ou helicoidais.

O momento de rotação entre os dois tipos permanece quase constante, porém o sistema helicoidal é mais silencioso.

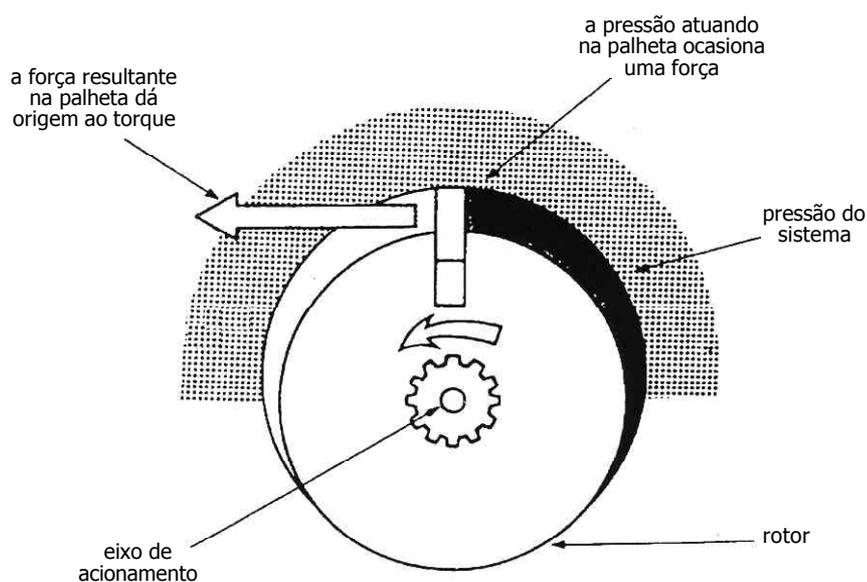


Motor pneumático de palhetas

As figuras a seguir apresentam sua composição e funcionamento.



- | | |
|-----------------------|--------------------|
| 1. Carcaça | 5. Palhetas |
| 2. Cilindro | 6. Rolamentos |
| 3. Tampas de cilindro | 7. Árvore de saída |
| 4. Rotor | |



Princípio de funcionamento

- O ar comprimido é admitido pela conexão A seguindo em direção ao conjunto rotativo.
- A câmara do cilindro é formada pelas faces do rotor, e pela tampas.
- A pressão atuará sobre a superfície da palheta, resultando em uma força.
- A força, atuando a uma distância do centro do eixo do rotor, originará um torque.
- Sob ação do torque, o rotor gira, de forma contínua.
- Ao adquirir velocidade, as palhetas são mantidas encostadas contra a parede interna do cilindro pela ação da força centrífuga, criando sucessivas câmaras onde o ar atua.
- Chegando a um certo ponto da revolução, o ar é descarregado para a atmosfera, e as palhetas são obrigadas a voltar para o interior da ranhura do rotor.

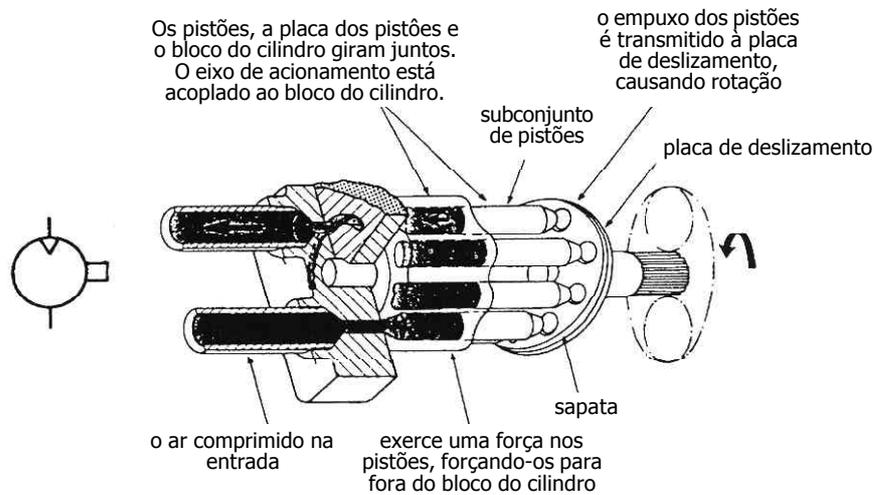
Motor pneumático de pistões axiais

Este tipo de motor possui de 5 a 7 pistões, dispostos axialmente no interior de um bloco de cilindro, unidos a uma placa oscilante e a um eixo ranhurado que liga todo o conjunto com o sistema planetário de engrenamento.

Neste tipo do motor pneumático vários cilindros são dispostos paralelamente à árvore de saída, e atuam com movimentos alternados no interior de um bloco de pistões.



Princípio de funcionamento



- O ar comprimido é admitido pela conexão **A** (entrada), sendo direcionado ao bloco de pistões.
- Vários cilindros são submetidos a pressão, de forma progressiva.
- A pressão atuando na superfície dos pistões resultará em forças.
- A força resultante é transmitida a uma placa de deslizamento inclinada.
- A reação a este esforço provocará a rotação de todo o conjunto (pistões, bloco de pistões, placa inclinada).
- O bloco de pistões está acoplado à árvore de saída, onde esta executa a mesma rotação do bloco de cilindros.
- Após os pistões terem executado todo o seu curso para fora do bloco de pistões, o ar comprimido é descarregado pela conexão **B** (saída) pelo giro constante no bloco de pistões.
- Após o pistão ter executado todo o seu curso para fora, o giro constante do bloco de pistões os força para dentro causando a descarga do ar comprimido pela conexão **B**.

Observação

Durante a rotação do motor teremos pistões admitindo ar comprimido para girar o conjunto e outros pistões descarregando o ar comprimido que já executou esta tarefa.

Esse comando é executado por uma placa fixa com rasgos para admissão e descarga de ar comprimido.



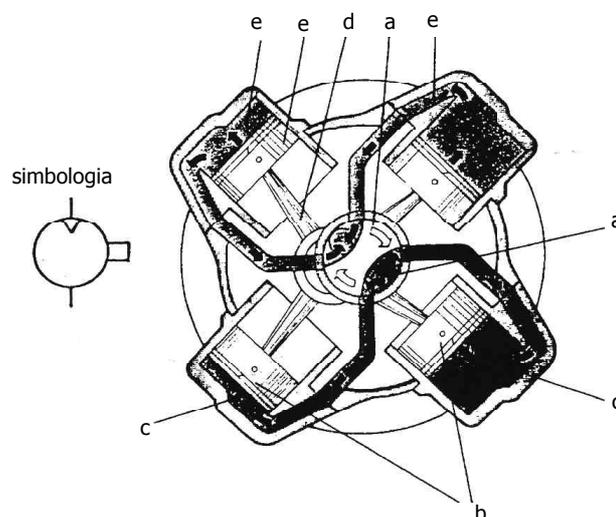
Motor pneumático de pistões radiais

Este tipo de motor é composto de uma carcaça, onde existem de 4 a 6 cilindros providos de pistões, posicionados radialmente e que estão ligados a um virabrequim através de bielas.

O ar comprimido é direcionado através de canais para os cilindros, por meio de uma válvula rotativa, podendo agir simultaneamente em 2, 3 pistões, dependendo do número existente.

Nos cilindros o ar expande-se, pressionando os pistões para o seu ponto inferior e causando a transmissão do movimento. Em sentido contrário, o ar contido nos cilindros é expedito para a atmosfera.

Princípio de funcionamento



- a. O ar comprimido é admitido em uma válvula rotativa, no interior da carcaça e distribuído aos cilindros através de canais.
- b. Vários cilindros são submetidos a pressão.
- c. A pressão atuando na superfície dos pistões resultará em força.
- d. A força gerada no pistão é transmitida à biela e ao virabrequim, causando o movimento da árvore de saída.
- e. Após o pistão ter executado todo o seu curso para fora, a válvula rotativa descarrega o ar que já executou a tarefa de girar a árvore de saída e pressuriza outros cilindros, permanecendo o giro.



Durante a rotação do motor teremos pistões admitindo ar comprimido causando a rotação da árvore de saída e pistões descarregando ar comprimido que já executou esta tarefa. Este comando é executado pela válvula rotativa.

Válvulas direcionais

Nesta Seção...

Função ◀

Válvula direcional tipo carretel deslizante ◀

Simbologia das válvulas direcionais ◀

Denominação das válvulas direcionais ◀



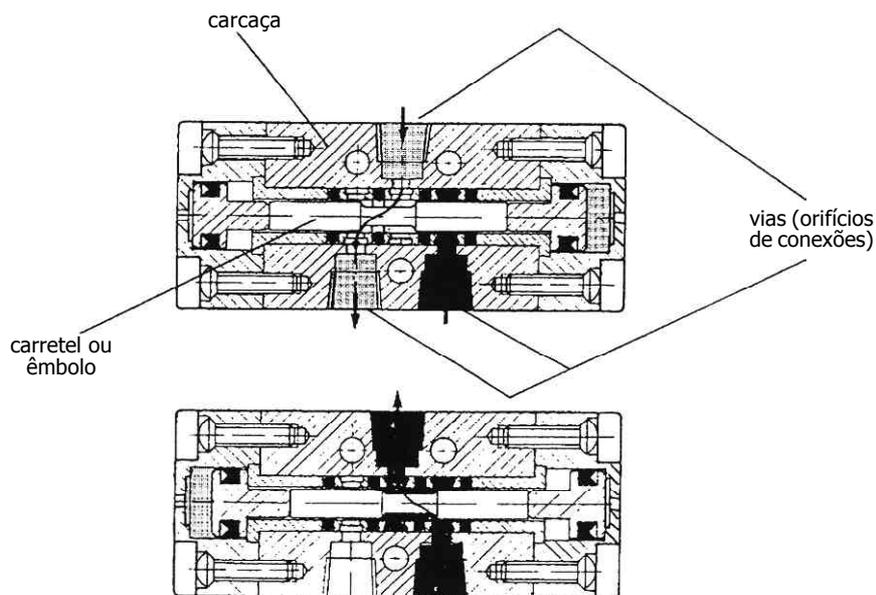
Função

Conceitualmente, as válvulas de controle direcional ou simplesmente válvulas direcionais são utilizadas para determinar as direções (alimentação, inversão, descarga ou bloqueio) que o fluxo de ar comprimido deve seguir, a fim de realizar um trabalho proposto.

Basicamente, são os componentes utilizados diretamente para o comando dos movimentos dos atuadores.

Válvula direcional tipo carretel deslizante

Este tipo de válvula possui em seu interior um elemento móvel (carretel ou pistão), que se desloca axialmente em um furo, estabelecendo ligações entre as vias (orifícios de conexões da válvula), proporcionando as direções para os fluxos do ar comprimido.

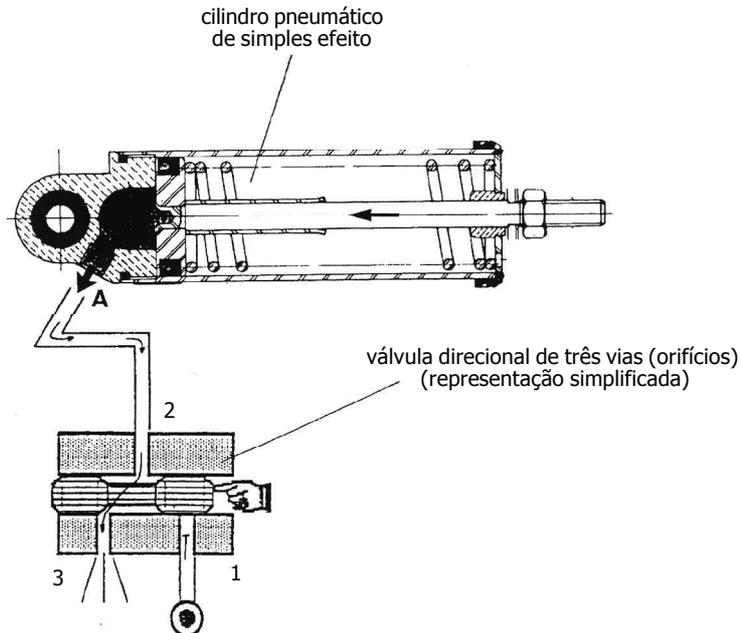


Representação em corte de uma válvula direcional de carretel deslizante de 3 vias



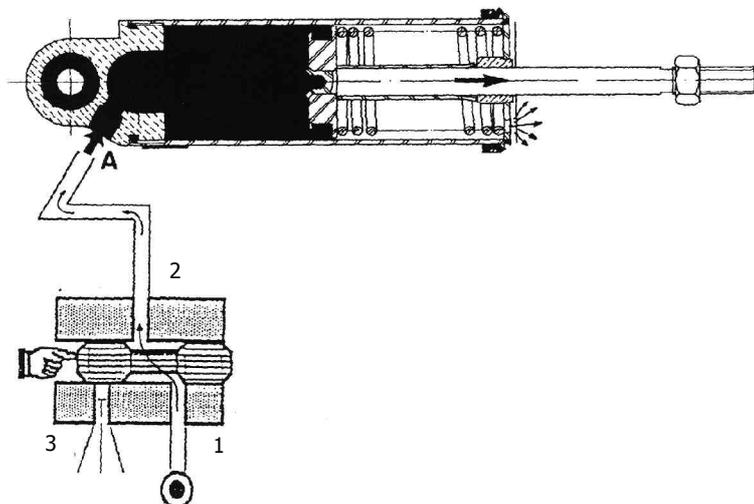
Aplicação com cilindro de simples ação

Deslocando-se o carretel para a esquerda (retorno)



- O ar comprimido alimenta a válvula direcional pelo orifício de conexão (via) 1 onde permanece bloqueado.
- O ar (sob força da mola), em exaustão do cilindro pela conexão A, é interligado à válvula pelo orifício de conexão (via) 2, com saída pelo orifício 3.
- Esta posição da válvula direcional possibilita o comando do retorno do êmbolo do cilindro.

Deslocando-se o carretel para a direita (avanço)

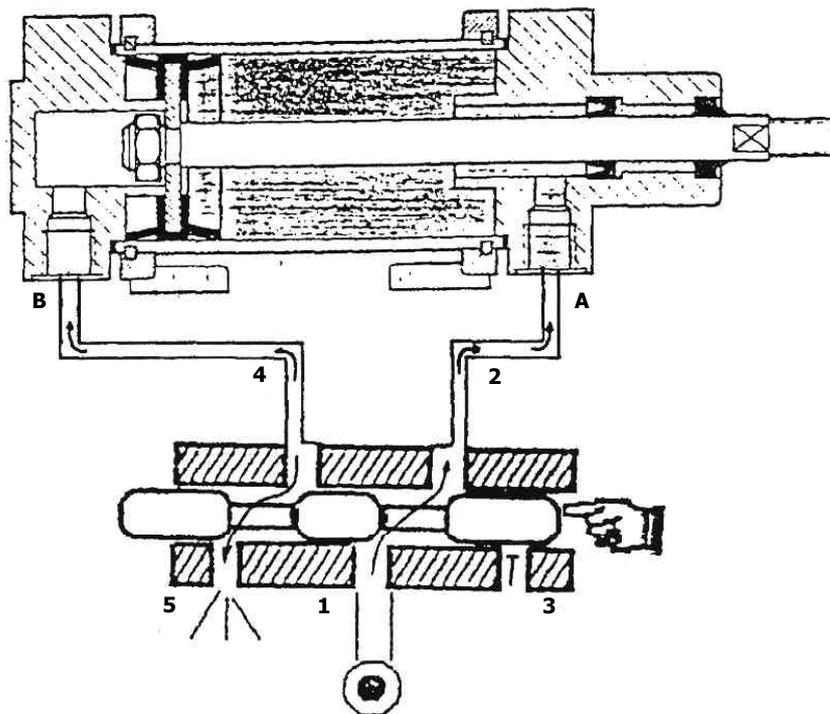




- A válvula direcional é alimentada pelo orifício de conexão (via) **1**, com saída pelo **2**, chegando ao cilindro pneumático pela conexão **A**.
- O orifício de conexão (via) **3**, onde se obtinha o escape do ar comprimido, permanece bloqueado. Esta posição da válvula direcional possibilita o comando de avanço do êmbolo do cilindro.

Aplicação com cilindro de dupla ação

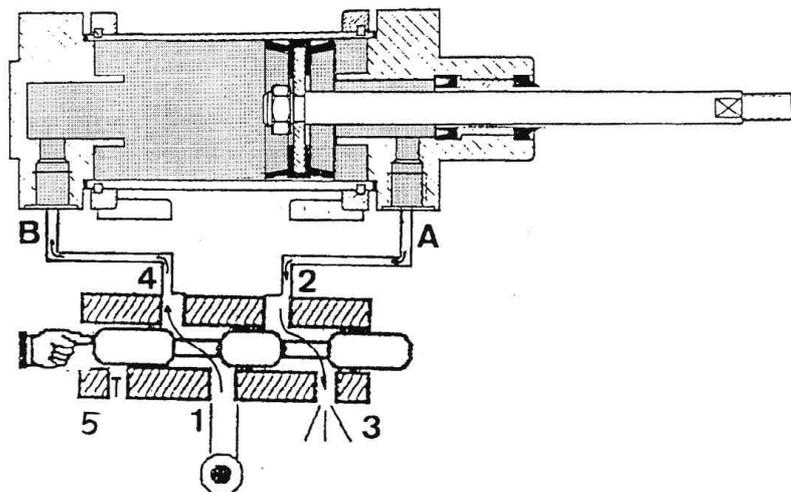
Deslocando-se o carretel para a esquerda (retorno)



- Obtêm-se dois caminhos para o fluxo pneumático.
- O ar comprimido alimenta a válvula direcional pelo orifício de conexão (via) **1**, com saída pelo **2** e o faz chegar ao cilindro pneumático pela conexão **A**.
- O ar em exaustão pela conexão **B** chega à válvula pelo orifício de conexão (via) **4**, saindo pelo **5**.
- Esta posição da válvula direcional possibilita o comando de retorno do êmbolo do cilindro.



Deslocando-se o carretel para a direita (avanço)

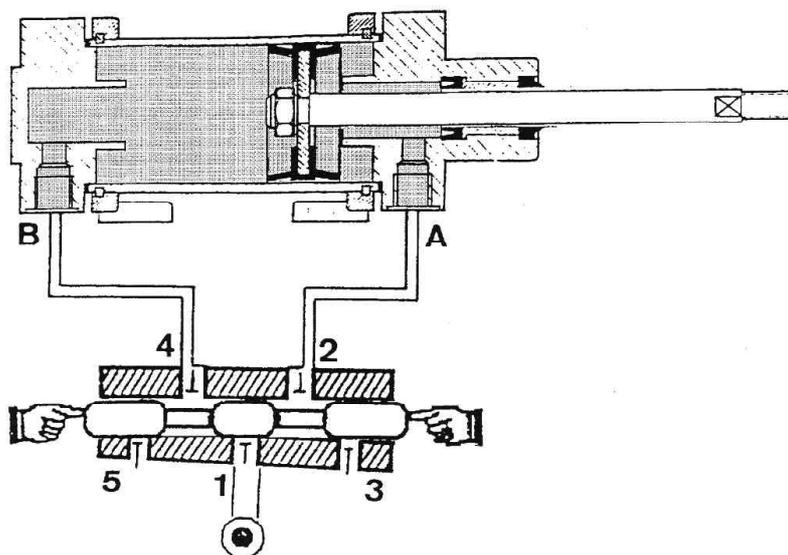


- a) Obtêm-se dois caminhos com fluxo pneumático.
- b) O ar comprimido alimenta a válvula direcional pelo orifício de conexão (via) **1**, com saída pelo **4** e interligado ao cilindro pneumático pela conexão **B**.
- c) O ar em exaustão pela conexão **A** é interligado à válvula pelo orifício de conexão (via) **2**, com saída pelo **3**.
- d) Esta posição da válvula direcional possibilita o comando de avanço do êmbolo do cilindro.

Deslocando-se o carretel para a posição central

Neste caso, o êmbolo pára, e podemos ter duas opções.

- a) Centro fechado

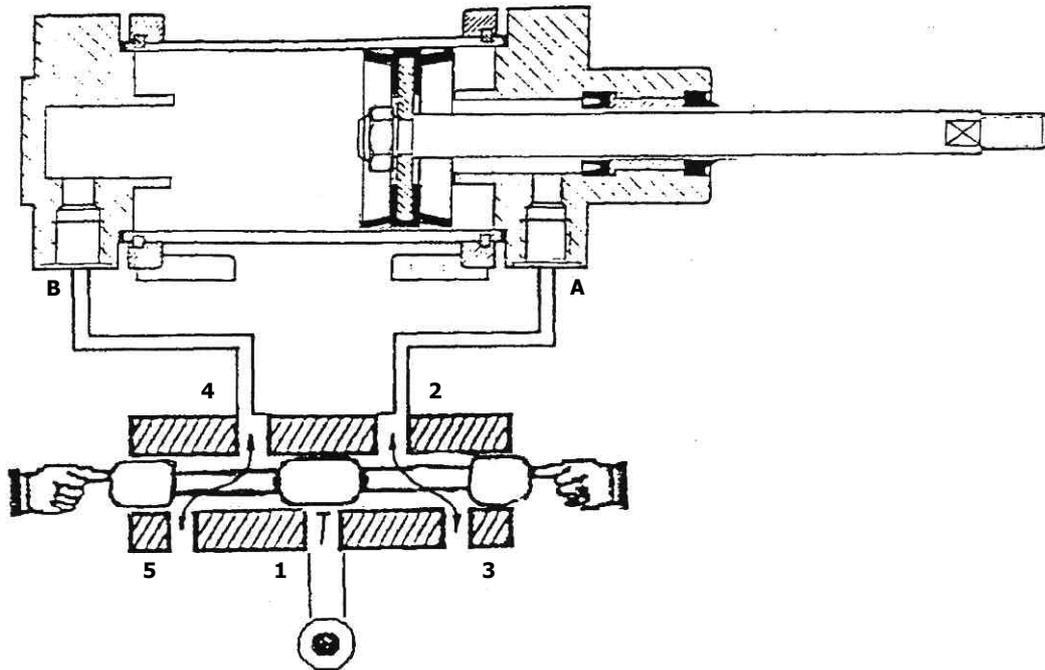




Esta válvula direcional de 5 vias tem 3 posições de comando e a central é com todas as vias fechadas (bloqueio de todos os caminhos do fluxo pneumático).

A posição central da válvula direcional possibilita o comando de parada do êmbolo do cilindro com travamento.

b) Centro aberto para exaustão:



Esta válvula direcional de 5 vias tem 3 posições de comando e a central é com as câmaras do cilindro pneumático em exaustão e alimentação **1** bloqueada. Portanto, o ar comprimido que alimenta a válvula direcional pelo orifício de conexão (via) **1** permanece bloqueado.

O ar contido nas câmaras dianteira e traseira do cilindro permanecem em exaustão pelas conexões **A** e **B**, interligadas aos orifícios de conexão (via) **2** e **4**, com saídas pelos **3** e **5**.

Esta posição central da válvula direcional possibilita o comando de parada do cilindro sem travamento.



Simbologia das válvulas direcionais

Para definição da simbologia de uma válvula direcional, devemos previamente conhecer suas características, como:

- Número de posições
- Número de vias (orifícios de conexão)
- Tipo de acionamento
- Tipo de retorno
- Tipo de interligação para cada respectiva posição

A válvula direcional é sempre representada por um retângulo, composto pelos quadrados correspondentes:



3 quadrados (3 posições)



2 quadrados (2 posições)

Números de posições

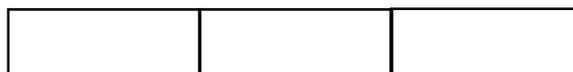
Podemos definir como sendo a quantidade de manobras distintas que a válvula direcional pode executar.

Como ilustração, podemos avaliar o caso de uma torneira, que pode estar aberta ou fechada. Nesse caso, esta torneira é uma válvula, que possui duas posições, ou seja, ora permite passagem, ora não.

De acordo com o tipo de construção, a válvula direcional pode assumir duas, três ou mais posições, modificando a direção e sentido do fluxo de fluido. Graficamente, estas posições podem ser simbolizadas como mostram as figuras a seguir.



2 posições (2 quadrados)



3 posições (3 quadrados)

Número de vias

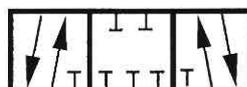
O número de vias é contado a partir do número de conexões (orifícios) que a válvula possui em um quadrado.



3 vias



5 vias



5 vias

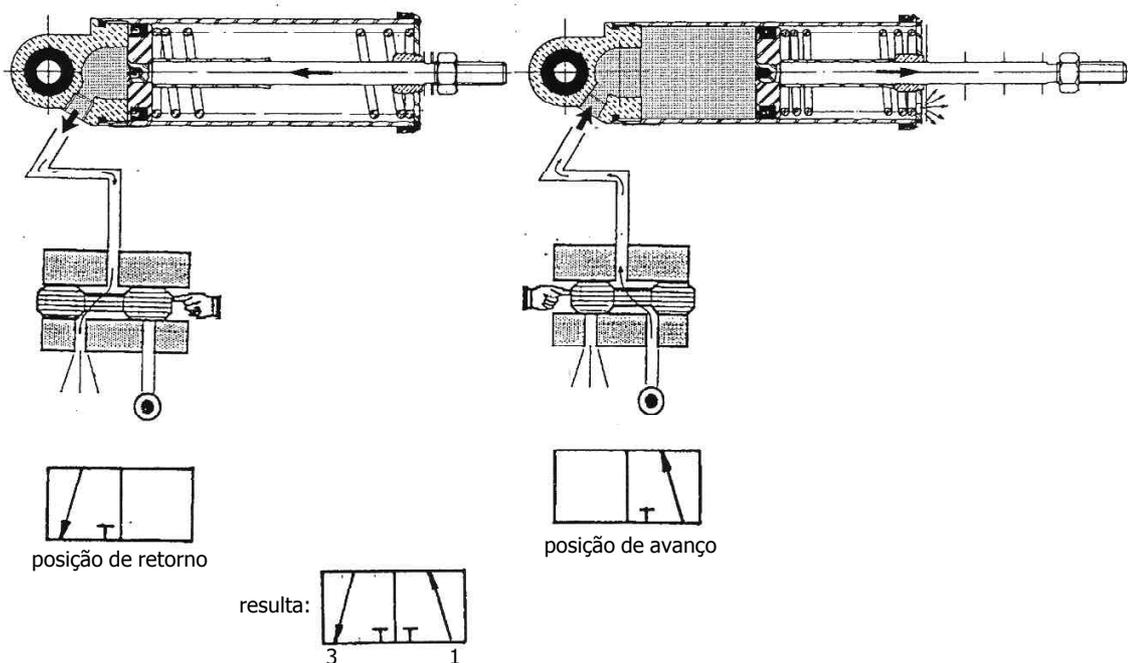


No interior dos quadrados, utilizamos:

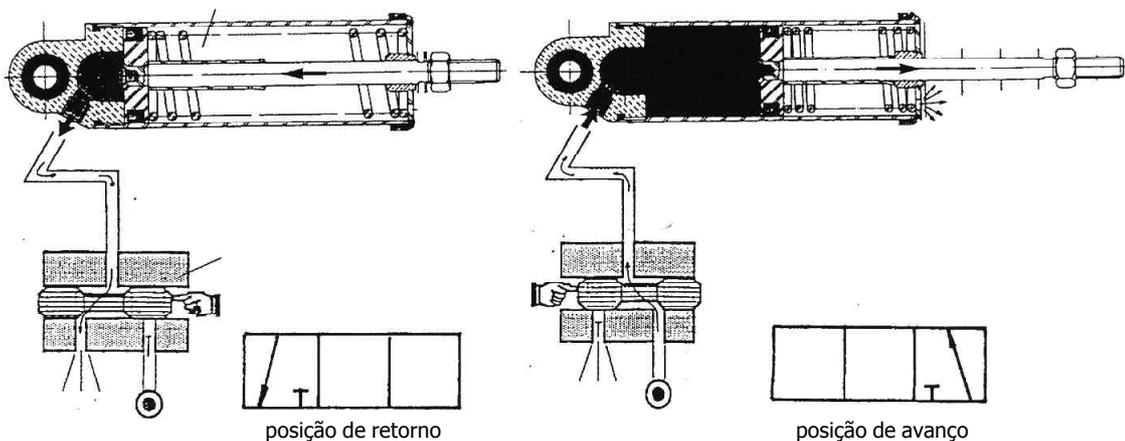
- As **setas** para definir as interligações que se estabelecem entre as vias.
- Os símbolos em forma de **T** para identificar as vias bloqueadas internamente pelo carretel.

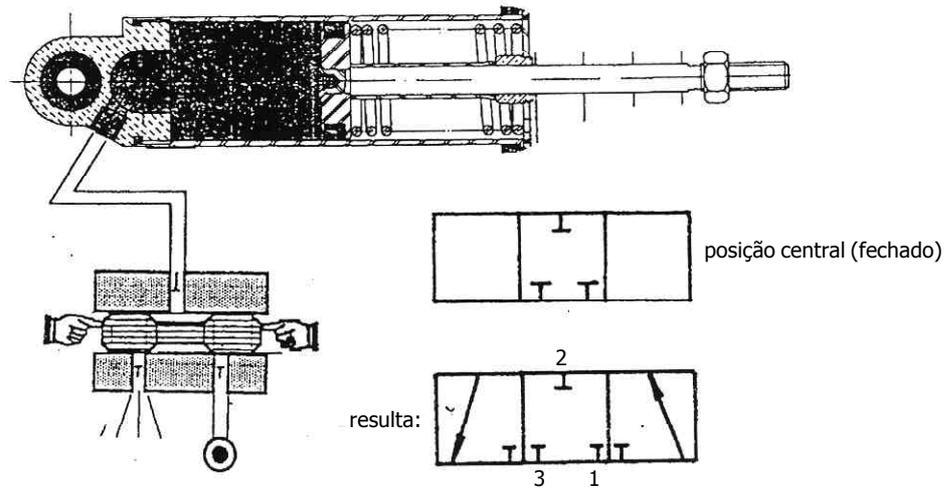
Exemplos de composição do símbolo

Cilindro de simples ação com válvula de 3 vias e 2 posições

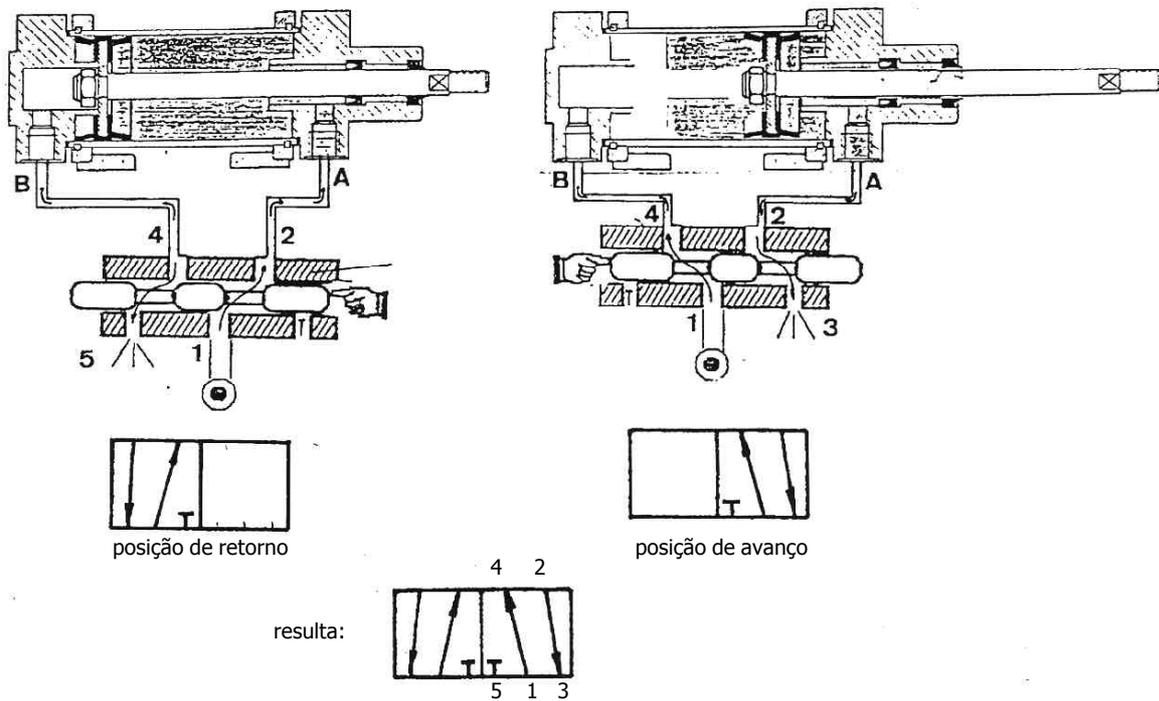


Cilindro de simples ação com válvula de 3 vias e 3 posições (centro fechado)



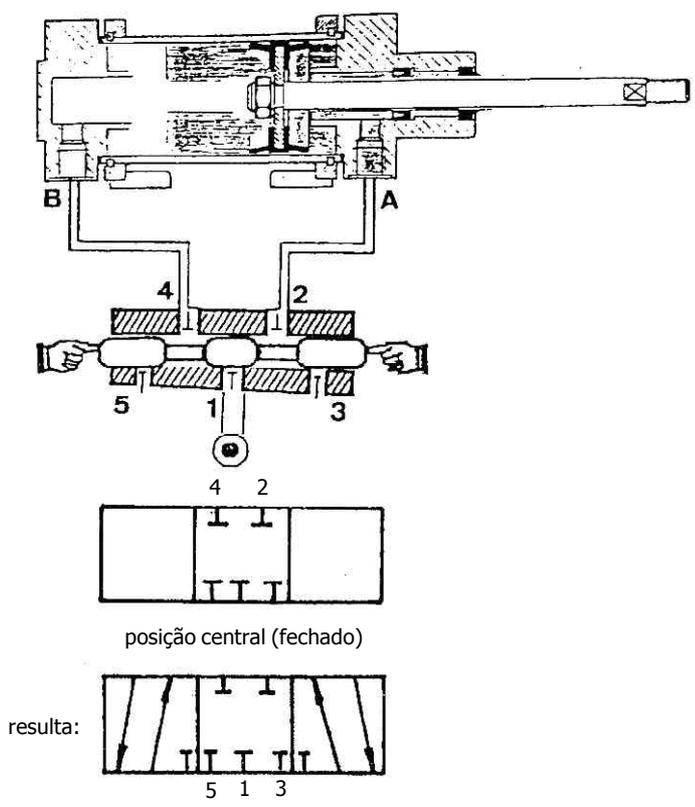
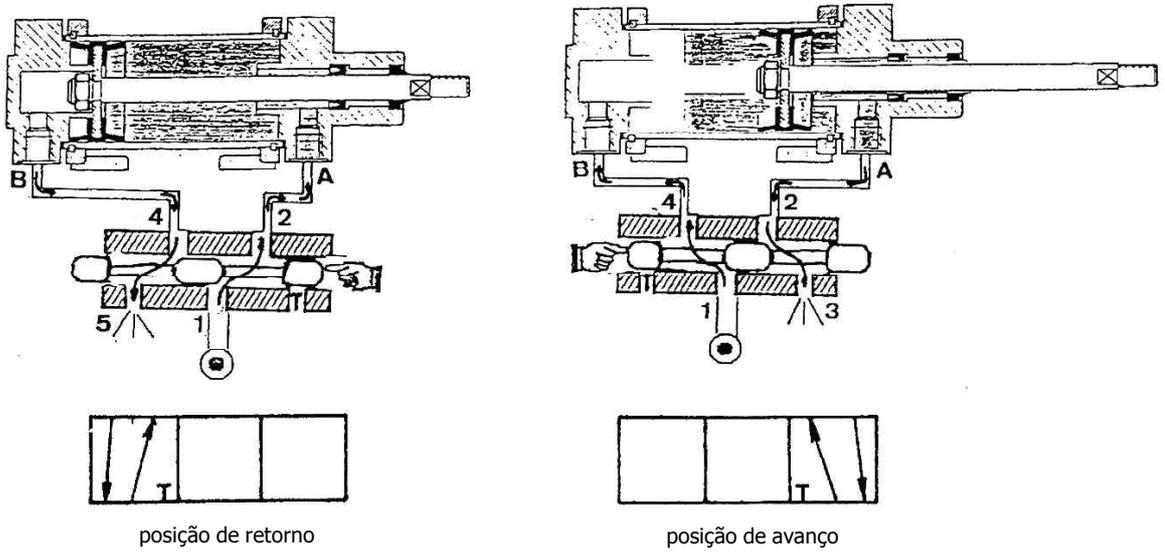


Cilindro de dupla ação com válvula de 5 vias e 2 posições



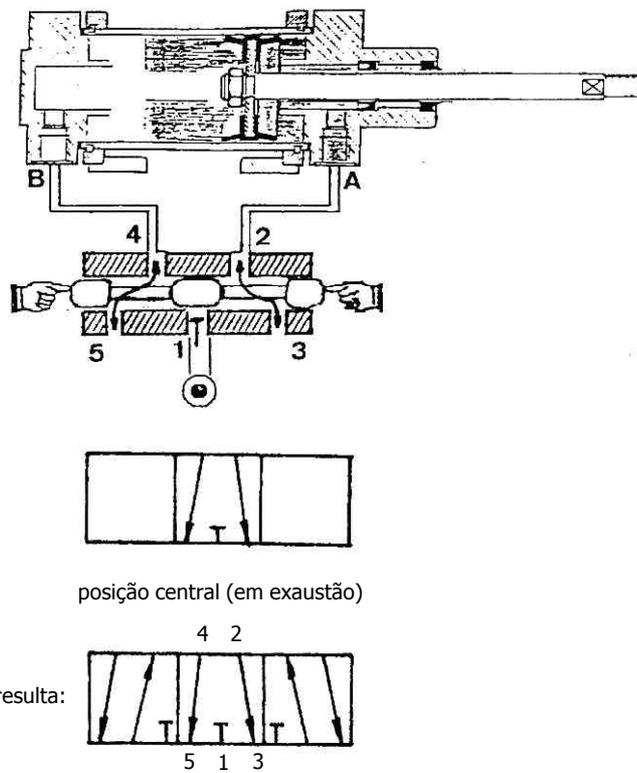
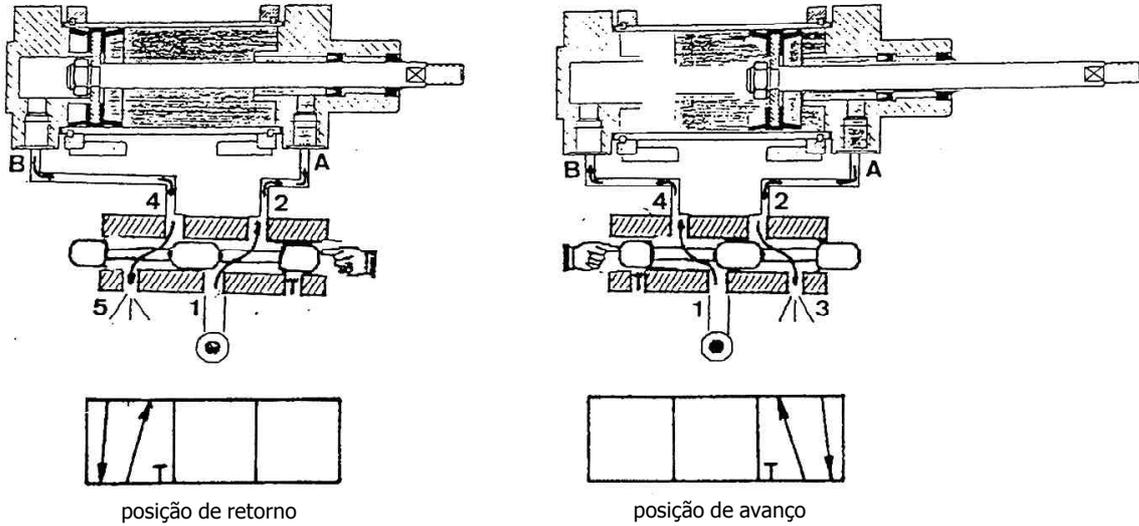


Cilindro de dupla ação com válvula de 5 vias e 3 posições (centro fechado)





Cilindro de dupla ação com válvula de 5 vias e 3 posições (centro em exaustão)

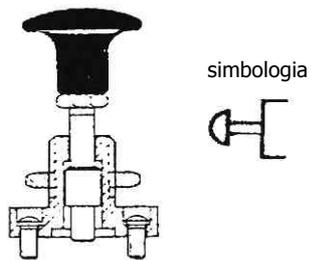


Tipo de acionamento

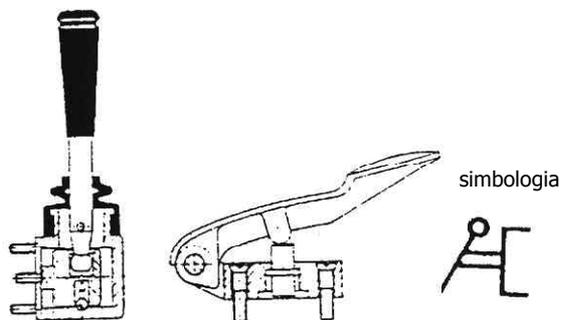
Na simbologia, além das posições e vias da válvula direcional, também devemos indicar qual o método utilizado no acionamento da válvula.

Abaixo demonstraremos alguns exemplos desses acionamentos:

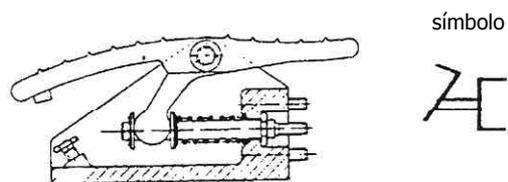
Acionamento por botão



Acionamento por alavanca

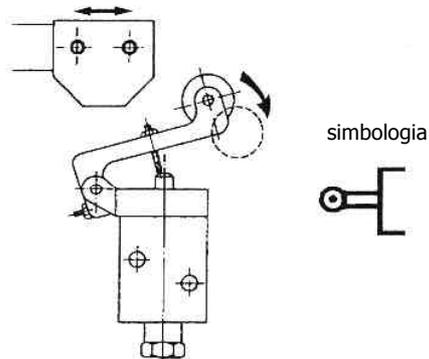


Acionamento por pedal

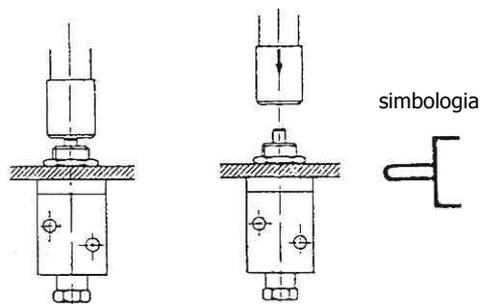




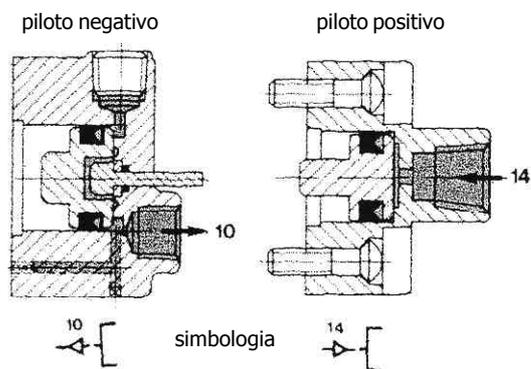
Acionamento por rolete



Acionamento por pino



Acionamento pneumático





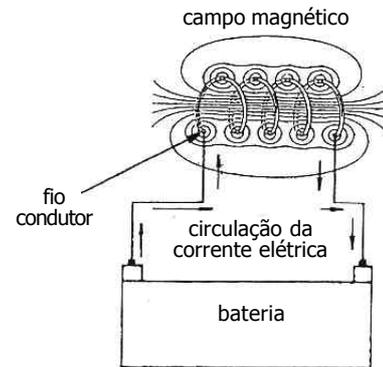
Eletroválvula

Na realidade, a eletroválvula é uma válvula direcional de acionamento por magnetismo gerado por uma bobina solenóide, podendo ter apenas um solenóide (simples solenóide), ou dois solenóides (duplo solenóide) de acionamento.

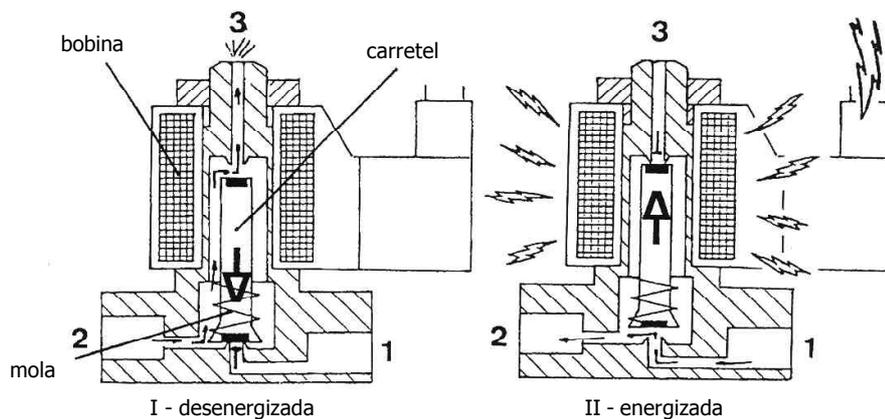
Pode ser utilizada isoladamente, ou montada sobre outras válvulas direcionais; neste caso, funcionando como componente de pilotagem, denominada como pré-operada.

Solenóide

O solenóide consiste de um fio condutor com revestimento de material isolante, enrolado em espiras (bobina); seu trabalho é o efeito eletromagnético, conforme a lei da Física que afirma que “a corrente elétrica ao percorrer um fio condutor gera em torno deste um campo magnético”.



Princípio de funcionamento da eletroválvula



Descrição

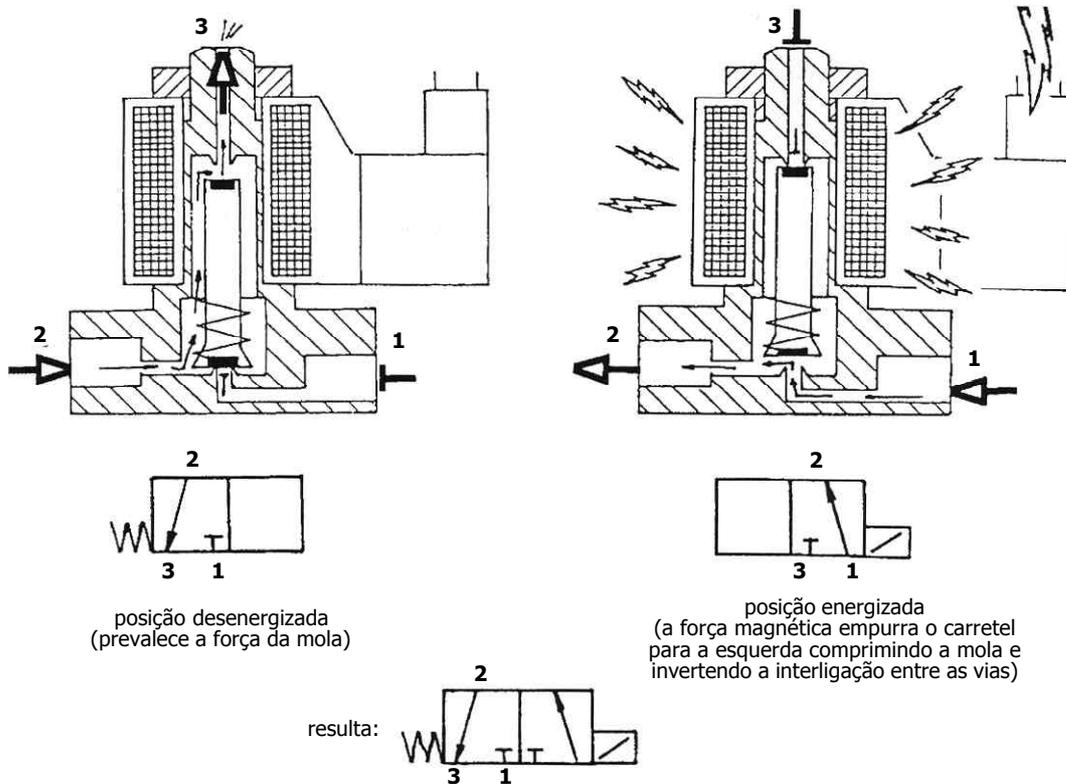
a - O ar comprimido alimenta a válvula pelo orifício de conexão (via) **1** permanecendo bloqueado sob a ação da mola e o orifício de conexão (via) de saída **2** está em exaustão pelo de escape **3**.

b - Quando a bobina é energizada o carretel é deslocado para cima (contra a mola), por ação da força magnética. O orifício de conexão (via) de escape **3** é bloqueado e o orifício de conexão (via) **1** passa a ficar interligado ao **2** com passagem para fluxo durante o tempo de energização da bobina. O campo magnético gerado exercerá uma força magnética (força de atração) sobre o carretel da válvula, causando o seu deslocamento.

c - Desenergizando a bobina, cessa a força magnética. A mola reposiciona o carretel, bloqueando a passagem do fluxo. O orifício de conexão (via) de saída **2** se interliga novamente pelo orifício de escape **3**.



Simbologia da eletroválvula



Denominação das válvulas direcionais

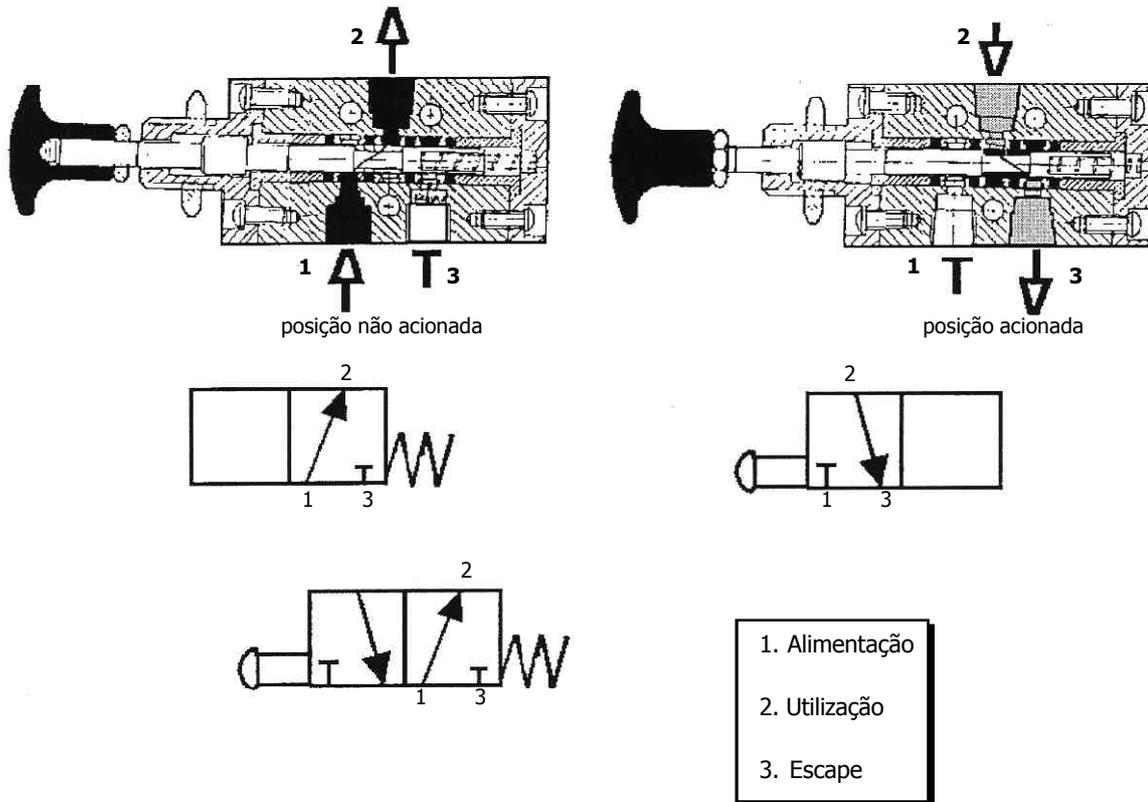
As válvulas direcionais são denominadas e identificadas em função de suas características básicas:

- número de vias
- número de posições
- processo de acionamento
- processo de reposição (ou retorno) e características das interligações quando em repouso.

A seguir avaliaremos alguns exemplos de símbolos de válvulas direcionais.



Exemplo 1



Analisando a simbologia, teremos:

- 3 orifícios
- 2 posições
- Acionamento por botão
- Retorno por mola – posição normal aberta

Descrição completa: Válvula direcional 3/2, acionada por botão, com retorno por mola, posição normal aberta (de 1 → 2).

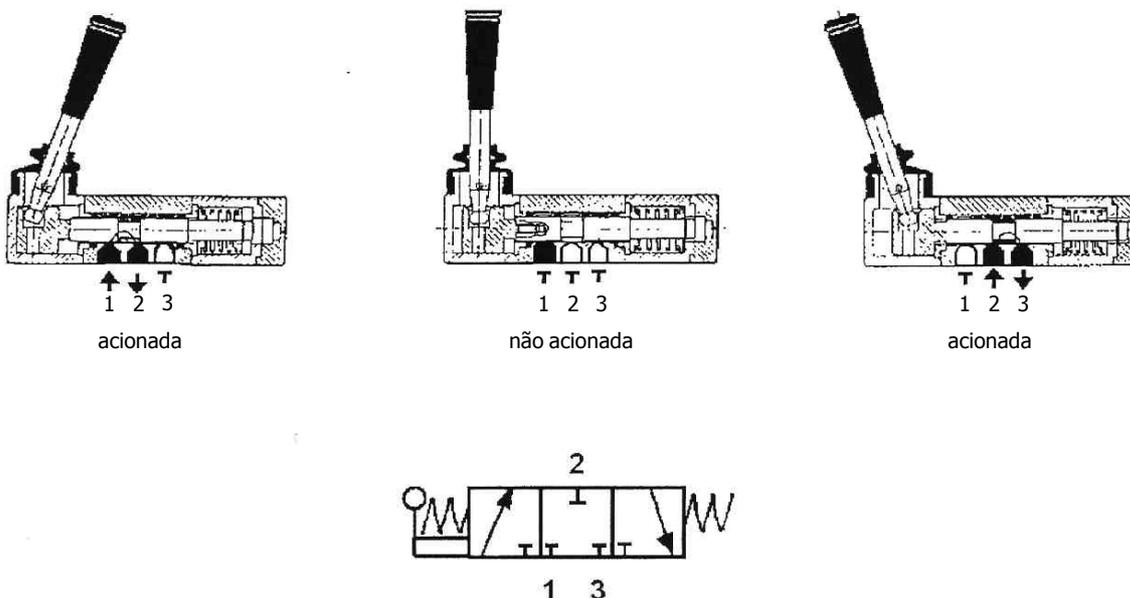
NOTAS



A mola instalada no interior da válvula estabelecerá uma posição de repouso do carretel quando a válvula não estiver sendo acionada, e suas interligações internas definem as respectivas passagens de fluxo ou de seu bloqueio.



Exemplo 2



Analisando a simbologia, teremos:

- 3 vias
- 3 posições
- Acionamento por alavanca
- Centragem por mola – centro fechado

Descrição completa: Válvula direcional 3/3 vias, acionada por botão, centrada por molas, posição central fechada.

NOTAS

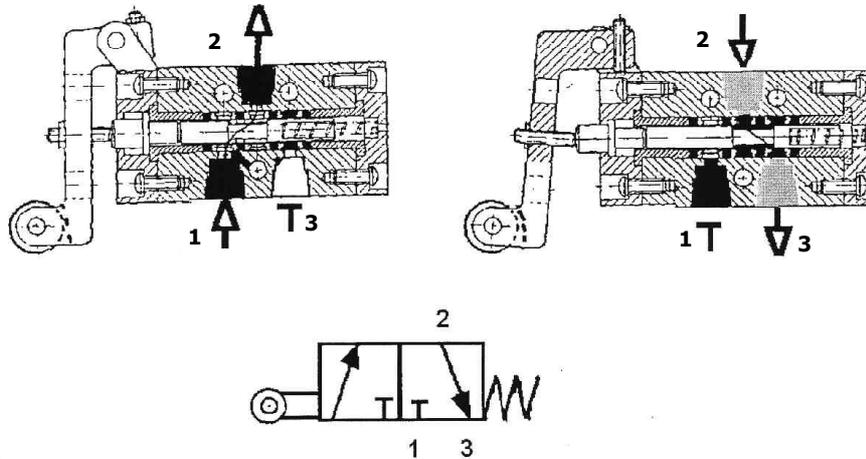


A mola instalada no interior da válvula estabelecerá uma posição de centragem do carretel, quando a válvula não estiver sendo acionada.

Refere-se a uma válvula com centro fechado quando por ocasião do repouso, isto é, quando a válvula não está acionada as interligações que se estabelecem interrompem a passagem de fluxo.



Exemplo 3

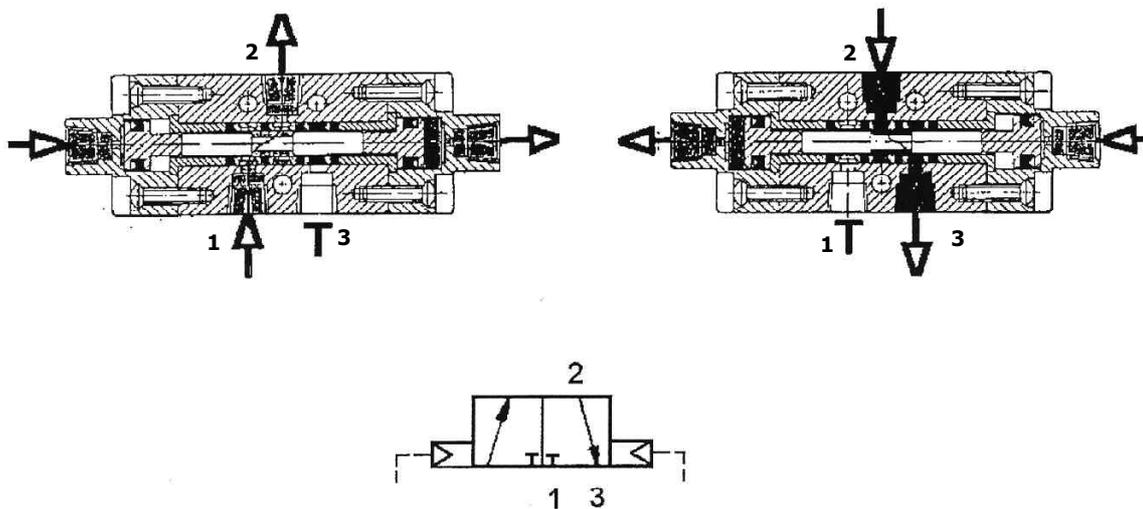


Analisando a simbologia, teremos:

- 3 vias
- 2 posições
- Acionamento por rolete
- Retorno por mola – posição normal fechada

Descrição completa: Válvula direcional 3/2 vias, acionada por botão, com retorno por mola, posição normal fechada.

Exemplo 4



Analisando a simbologia, teremos:

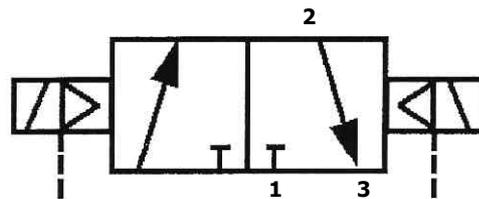
- 3 vias
- 2 posições



- acionamento por dupla pilotagem pneumática (bi-pilotada)
- Neste caso, a válvula não apresenta um processo de reposição porque não existe mola para manter numa determinada posição (posição de repouso); logo, não se definem as características das interligações como normalmente aberta ou normalmente fechada, e para permanecer na última posição de comando existe internamente um detente ou trava.

Descrição completa: Válvula direcional 3/2 vias, acionada por dupla pilotagem, com detente ou trava (bi-estável).

Exemplo 5

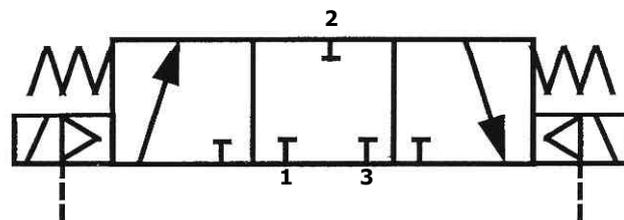


Analisando a simbologia, teremos:

- 3 vias
- 2 posições
- Acionamento por duplo solenóide e servo pilotada ou pré-operada, isto é, acionada por magnetismo e operada por pressão pneumática.
- A válvula não apresenta um processo de reposição (posição de repouso), definido; em consequência não definem as características das interligações como normalmente aberta ou normalmente fechada.

Descrição completa: Válvula direcional 3/2 vias, acionamento por duplo solenóide pré-operada e com detente ou trava.

Exemplo 6



Analisando a simbologia, teremos:

- 3 vias
- 3 posições



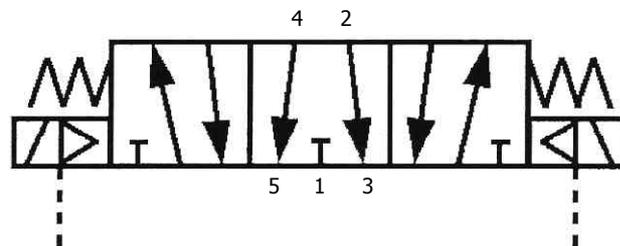
- Acionamento por duplo solenóide e pré-operada, centrada por molas e posição central fechada.
- Centrada por molas – centro fechado

Descrição completa: Válvula direcional 3/2 vias, pilotagem eletro-pneumática externa, centragem por molas, centro fechado.



As molas instaladas no interior da válvula estabelecerão uma posição de centragem do carretel quando a válvula não estiver sendo acionada.

Exemplo 7



Válvula direcional

- 5 vias
- 3 posições
- Acionamento por duplo solenóide e pré-operada
- Centrada por molas – posição central em exaustão (aberta)

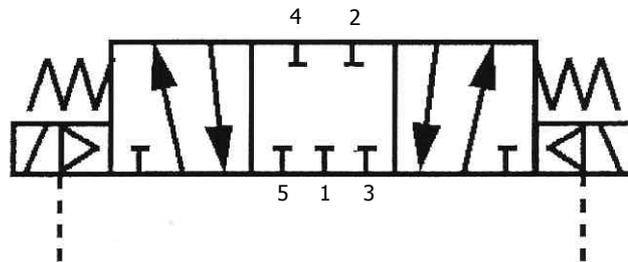
Descrição completa: Válvula direcional 5/3 vias, com acionamento por duplo solenóide e pré-operada, centrada por mola, centro aberto.



Refere-se a esta válvula como centro aberto quando por ocasião do repouso; a via 1 (pressão), está interrompida e as demais estão interligadas, descarregando para a atmosfera.



Exemplo 8



Válvula direcional

- 5 vias
- 3 posições
- Acionamento por duplo solenóide e pré-operada
- Centrada por molas – centro fechado

Descrição completa: Válvula direcional 5/3 vias, com acionamento por duplo solenóide e servo pilotada ou pré-operada, centrada por mola, centro fechado.



Refere-se a esta válvula como centro fechado quando por ocasião do repouso; todas as vias estão interrompidas, ou seja, não temos fluxo de ar no sistema.

Válvulas auxiliares

Nesta Seção...

- Função ◀
- Válvula de segurança ou de alívio ◀
- Válvulas de retenção ◀
- Válvula alternadora ou elemento "OU" ◀
- Válvula de escape rápido ◀
- Válvula reguladora de fluxo ◀
- Temporizador ◀



Função

A realização de uma instalação pneumática requer os equipamentos de produção do ar comprimido, secagem, armazenamento, preparação, acionadores e válvulas de comando. Entretanto, determinados circuitos pneumáticos apresentam complexidades, que não são satisfeitas unicamente com os equipamentos apresentados.

As válvulas auxiliares são utilizadas para preencherem essas exigências e possibilitam a execução de circuitos pneumáticos mais complexos.

São exemplos dessa classe de equipamentos as válvulas de retenção ou alívio, alternadoras, escape rápido e reguladoras de fluxo, que veremos a seguir.

Válvula de segurança ou de alívio

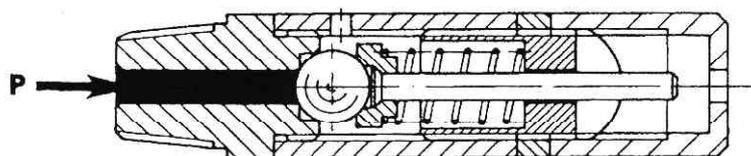
Instala-se este equipamento em um sistema pneumático para o controle da pressão, evitando-se a elevação acima de um valor máximo determinado.

Após o ajuste da válvula para operação a uma pressão determinada, seu comportamento será de manter-se normalmente fechada, possibilitando a elevação da pressão até o valor ajustado.

O acúmulo de ar comprimido no interior do reservatório acarretará uma elevação na pressão. Atingindo-se um valor de pressão acima do ajustado na válvula de segurança, esta entrará em operação, proporcionando um escape para a atmosfera do volume de ar comprimido causador da pressão excedente.

Princípio de funcionamento

a. A mola é comprimida, exercendo uma força determinada sobre o elemento móvel contra a sede, mantendo a válvula fechada.



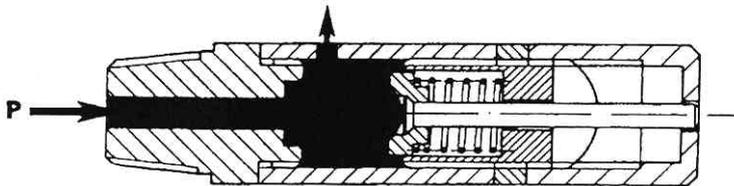


b. Ao elevar-se a pressão acima do valor determinado, o elemento móvel desloca-se; a válvula é aberta, permitindo o escape para atmosfera do volume de ar comprimido causador da pressão excedente.

c. O escape de um determinado volume de ar comprimido acarretará a diminuição da pressão até o valor determinado, onde a mola automaticamente reposiciona o elemento móvel contra a sede mantendo a válvula fechada.

Princípio de regulação da pressão máxima

- a. A mola é comprimida.
- b. A compressão da mola proporciona uma força de 30kgf (por exemplo).



- c. A área do elemento móvel exposta à pressão é de 3cm².
- d. A pressão máxima que estabilizará o sistema será:

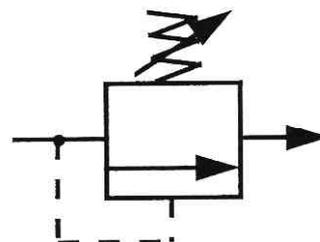
$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força}}{\text{Área}}$$

$$\text{Pressão} = \frac{\text{Força da mola}}{\text{Área do elemento móvel}}$$

$$\text{Pressão} = \frac{30\text{kgf}}{3\text{cm}^2}$$

$$\text{Pressão} = 10\text{kgf/cm}^2$$

Simbologia





Válvulas de retenção

São válvulas constituídas basicamente de um elemento móvel (pistão ou esfera), que se desloca linearmente em um canal, com uma sede de assento dentro da carcaça da válvula, com dois orifícios de conexões (entrada e saída). Esse tipo de válvula opera em duas posições definidas.

- Aberta: permite a passagem do fluxo em um sentido
- Fechada: impede a passagem do fluxo no sentido inverso

Princípio de funcionamento

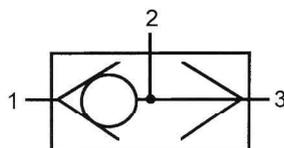
- a. O fluxo atua contra a área de resistência afastando o elemento móvel da sede – passagem livre.
- b. O fluxo reverso atua na área de resistência oposta forçando o elemento móvel bloqueando a passagem.

Simbologia



Válvula alternadora ou elemento "OU"

Este tipo de válvula possui um elemento móvel (esfera) que se desloca linearmente em um canal com 2 sedes de assento dentro de uma carcaça com 3 orifícios de conexões.



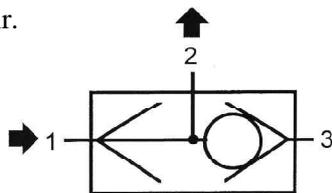


- 2 orifícios de conexões e entrada de pressão (orifícios 1 e 3)
- 1 orifício de conexão de saída de pressão (orifício 2).

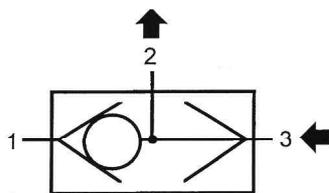
Princípio de funcionamento

A presença de pressão por uma das entradas **1** ou **3** deslocará o elemento móvel (esfera), contra a entrada oposta, vedando-a e deixando passar o fluxo da conexão que entrou para a saída **2**.

Observe as figuras a seguir.

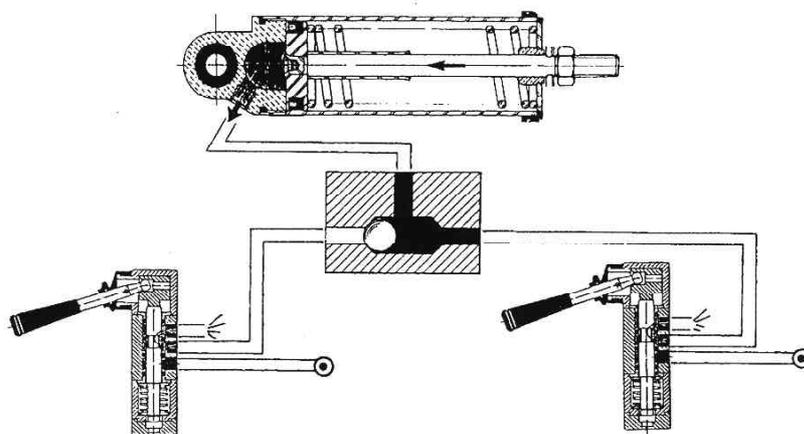


- a) A pressão entra pelo ponto **1**, veda o ponto **3** e sai pelo ponto **2** (se comunicam apenas o ponto **1** com o ponto **2**).



- b) A pressão entra pelo ponto **3**, veda o ponto **1** e sai pelo ponto **2** (se comunicam apenas o ponto **3** com o ponto **2**).

Este tipo de válvula (figura a seguir) é utilizado quando se deseja selecionar uma pressão de saída vinda de 2 postos distintos de origem.

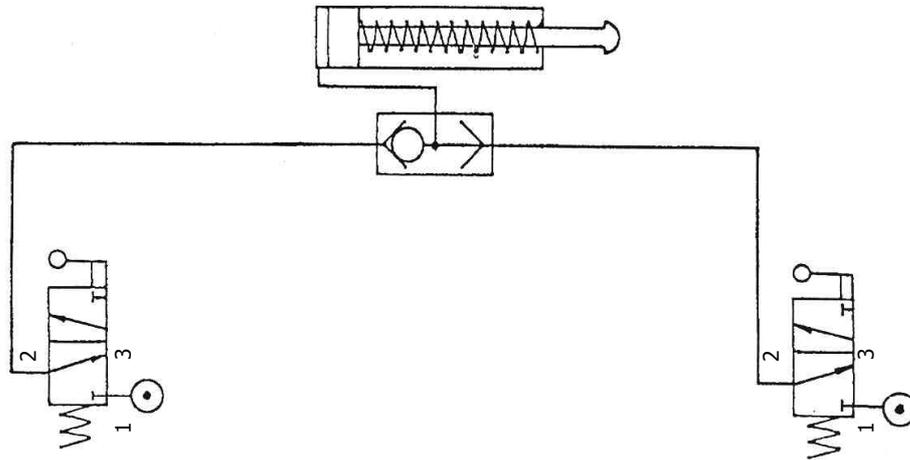




Agora, vejamos alguns exemplos de montagem das válvulas auxiliares que acabamos de estudar.

Exemplo 1

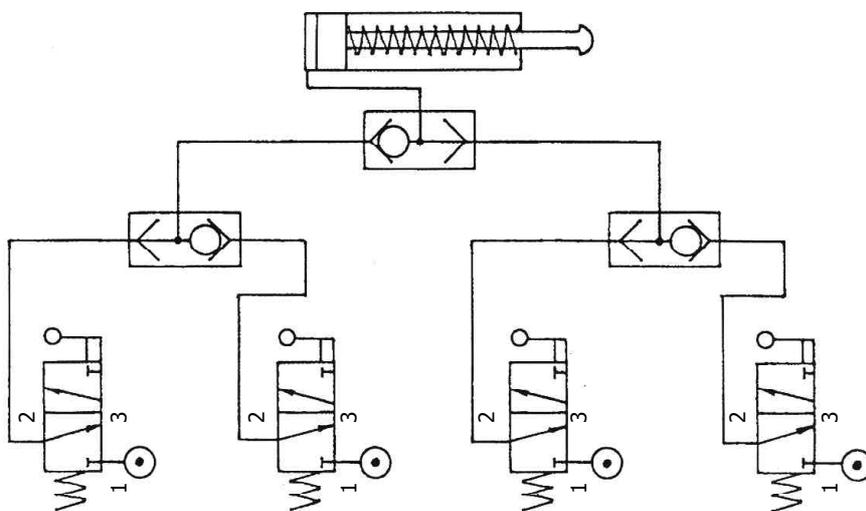
Instalação para o comando de cilindro pneumático de simples efeito, com retorno por mola, através de 2 postos.



Quando um dos postos for acionado para o comando de avanço do cilindro, a válvula alternadora ou elemento **OU** impedirá o escape de ar comprimido pela válvula direcional do outro posto.

Exemplo 2

Instalação para o comando de um cilindro pneumático de simples efeito, com retorno por mola, através de 4 postos.





NOTAS



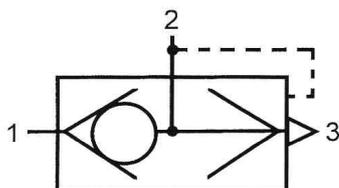
O ar que foi liberado por qualquer um dos postos de trabalho segue pelo mesmo caminho que os demais postos, até a câmara traseira do cilindro, avançando-o. Uma vez habilitado o fornecimento, o elemento seletor interno permanece na posição em função do último sinal pneumático emitido.

Válvula de escape rápido

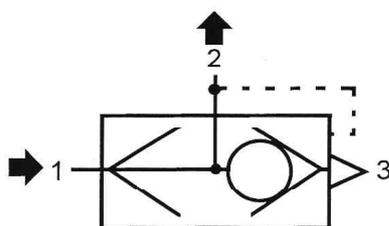
Este tipo de válvula possui um elemento móvel que se desloca em um canal com duas sedes de assento dentro de uma carcaça com 3 orifícios de conexões.

- 1 orifício de conexão de entrada de pressão
- 1 orifício de conexão de saída de pressão
- 1 orifício de conexão de escape para atmosfera.

É utilizada para aumentar a velocidade dos cilindros pneumáticos, permitindo uma descarga rápida do ar em exaustão.

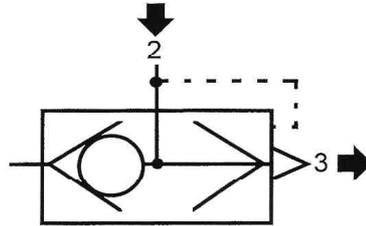


Princípio de funcionamento





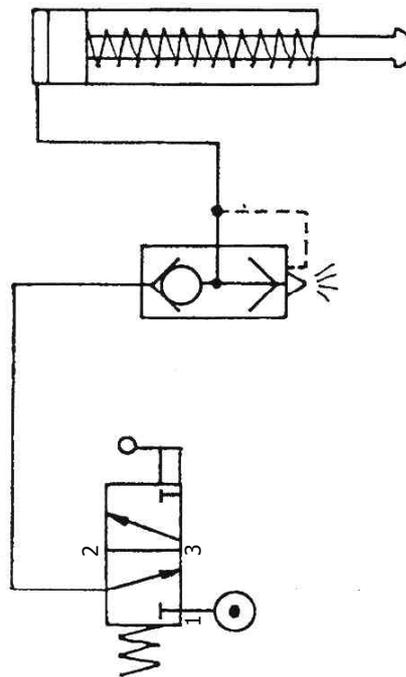
- A pressão é direcionada ao orifício de conexão de entrada **1**, com passagem livre ao de saída **2**.
- O elemento móvel é deslocado vedando automaticamente o orifício de conexão de escape **3**.



- O fluxo reverso em exaustão do cilindro é conectado ao orifício de conexão **2**.
- O elemento móvel é deslocado, possibilitando o escape rápido pelo orifício de conexão **3** e vedando automaticamente o orifício de conexão **1**.

Vejamos, a seguir, um exemplo de montagem desse tipo de válvula.

Instalação para o comando de um cilindro pneumático de simples efeito, com retorno por mola. O retorno do cilindro deve ser rápido.



A instalação desta válvula impede que, durante o retorno do cilindro, o ar em exaustão percorra toda a tubulação até a válvula direcional, para escapar.



Válvula reguladora de fluxo

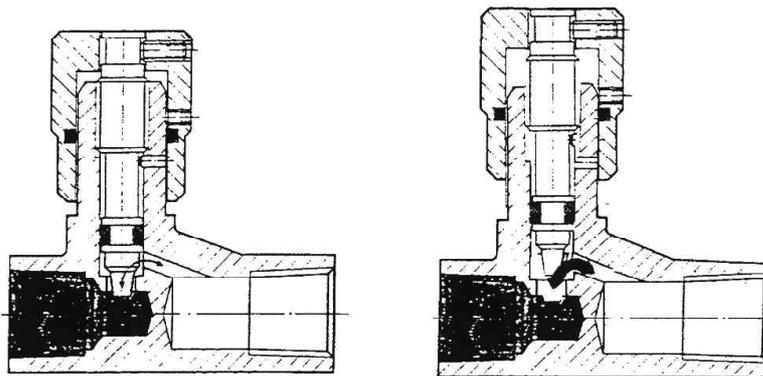
Quando necessitamos interferir nos fluxos de ar comprimido fazemos uso deste tipo de válvula, principalmente nos casos de regulação de velocidade de um cilindro ou temporização pneumática.

Elas podem ser de controle fixo ou variável, unidirecional ou bidirecional.

Válvula reguladora de fluxo bidirecional

Princípio de funcionamento

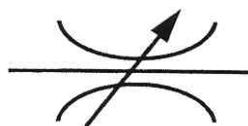
O deslocamento da ponta cônica do parafuso (proximidade ou afastamento), em relação à sede de assento, estabelecerá uma maior ou menor quantidade de fluxo que passa através da válvula.



- Maior proximidade da sede do assento (menor quantidade de fluxo passando através da válvula).
- Maior afastamento da sede do assento (maior quantidade de fluxo passando através da válvula).

Este tipo de válvula é utilizado quando se deseja controlar a velocidade do cilindro pneumático nos dois sentidos, avanço e retorno, e é conhecida como válvula de restrição variável.

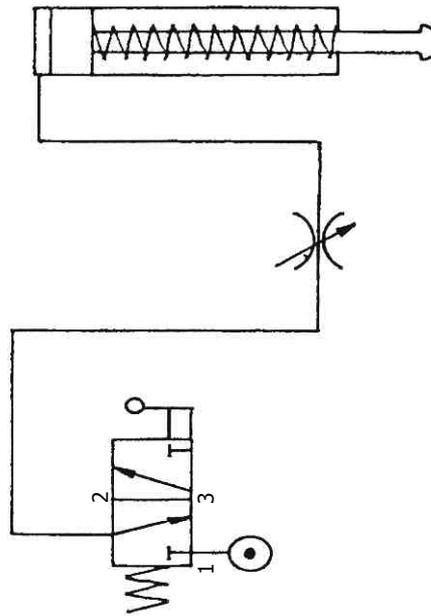
Simbologia





Vamos exemplificar, a seguir, a montagem desse tipo de válvula.

Instalação para o comando de um cilindro pneumático de simples efeito com retorno por molas e velocidades controladas.



Durante o curso de avanço ou de retorno do cilindro, o ar comprimido tem passagem restringida pela válvula reguladora de fluxo; as velocidades de avanço e de retorno do êmbolo do cilindro pneumático serão controladas simultaneamente.

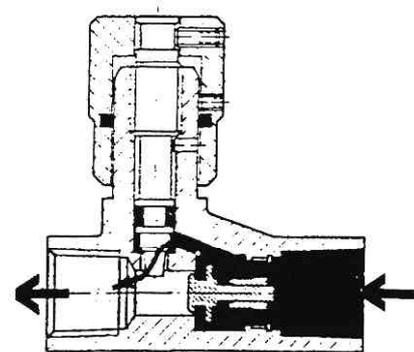
Válvula de controle de fluxo unidirecional

Princípio de funcionamento

Neste tipo de válvula o fluxo de ar terá duas condições de passagem:

Fluxo controlado

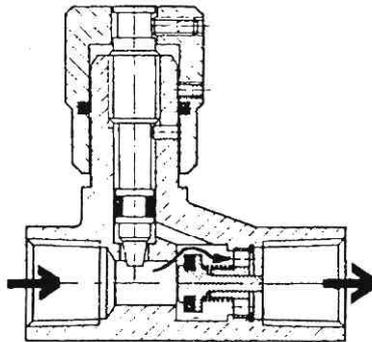
O ar comprimido é bloqueado pela válvula de retenção, sendo obrigado a passar apenas pelo ajuste fixado no parafuso.



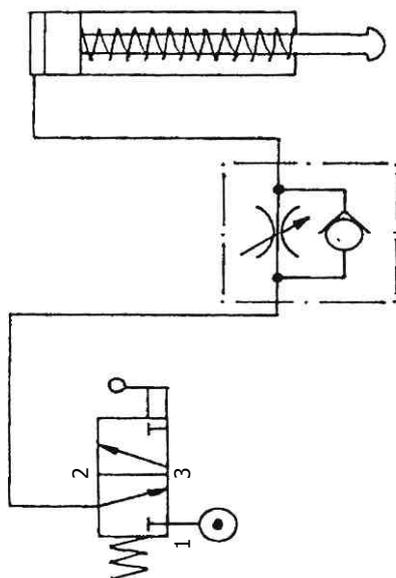
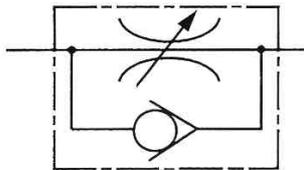


Fluxo reverso livre

O ar comprimido que flui em sentido contrário tem passagem livre pela válvula de retenção, e também um pequeno fluxo tem passagem restringida pelo parafuso de ajuste.



Simbologia



Veamos a montagem desse tipo de válvula através do exemplo ao lado.

Instalação para o comando de um cilindro pneumático de simples efeito com retorno por mola com velocidade de avanço controlada e retorno livre.



Este tipo de válvula é utilizado quando se deseja controlar a velocidade do cilindro pneumático em apenas um sentido.

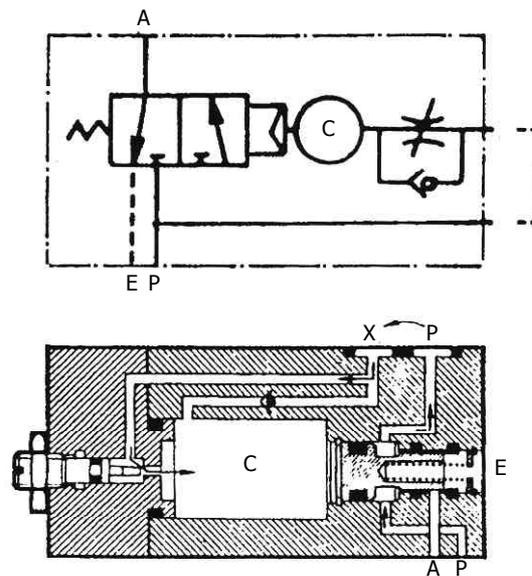
Temporizador

O temporizador pneumático tem a finalidade de retardar um sinal pneumático.

É constituído de uma pequena válvula direcional de carretel e de uma válvula reguladora de fluxo.

Em um circuito pneumático, posiciona-se, normalmente, esse tipo de componente entre o dispositivo de comando e o de acionamento de uma válvula direcional.

Pode ser montado em uma sub-base ou sobre uma válvula direcional (com ou sem válvula solenóide).



Vamos praticar?

Nesta Seção...

Elaboração de circuitos básicos de pneumática ◀



Elaboração de circuitos básicos de pneumática

Esta unidade de estudo apresenta dez exercícios, sendo que o primeiro vem seguido de uma proposta de solução e alguns comentários, para você analisar e refletir.

A realização dos demais exercícios caberá a você. Enfrente esse desafio lembrando de dois pontos muito importantes: o primeiro é que a prática também ensina, quer dizer, ajuda a fixar os conteúdos estudados, facilitando a aprendizagem; e o segundo diz respeito ao apoio que terá do docente, sempre que lhe ocorrer qualquer dúvida.

Portanto, é hora de começar as tarefas que seguem.

Exercício 1

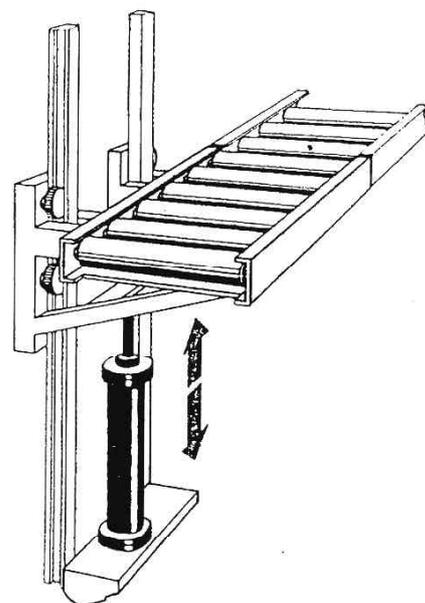
Elabore um circuito pneumático para o movimento de um elevador de cargas entre dois andares de um departamento de estoque.

Esse elevador é provido de um cilindro pneumático de simples ação e retorno por gravidade.

O comando (subida e descida), do elevador (cilindro), deve ser realizado por dois operadores, a partir de dois pontos situados um em cada andar.

Qualquer um dos operadores poderá acionar o comando do elevador, independente da posição em que o outro se encontra, para movimentar o elevador para o outro andar.

Os comandos são acionados por alavanca, com travamento.



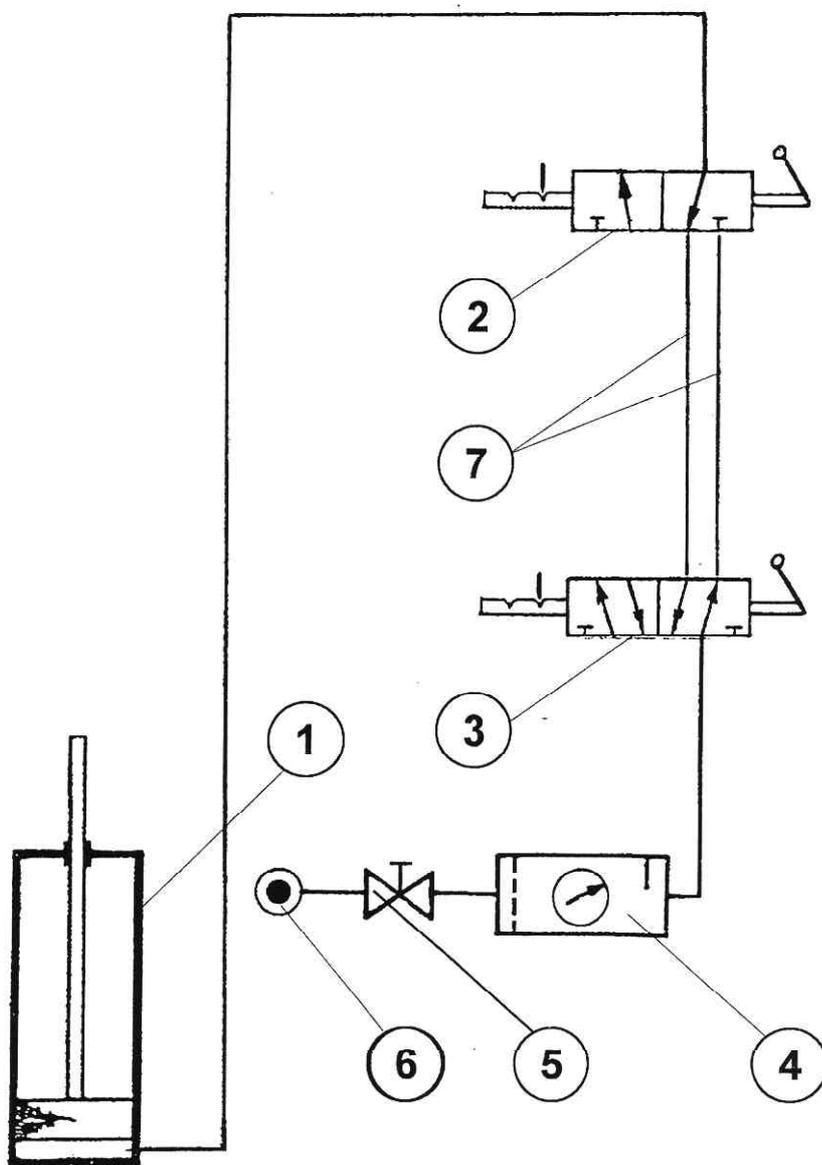


Observação

Usar duas válvulas direcionais de acionamento por alavanca com detente, sendo uma de 3/2 vias e outra 5/2 vias.

Solução proposta

Aprece a solução apresentada e os comentários que seguem, a fim de esclarecer possíveis dúvidas junto ao docente.





Comentários

- a. Inicialmente devemos identificar no enunciado do exercício o máximo possível de componentes. No caso temos:
- **Cilindro pneumático de simples ação e retorno por gravidade**, está explícito no segundo parágrafo do enunciado.
 - No terceiro parágrafo é dito que o elevador poderá ser acionado por dois operadores em postos distintos, o que nos leva a prever a necessidade de **duas válvulas direcionais**.
 - Como já visto anteriormente, o cilindro de simples ação possui uma única utilização pneumática, logo necessitamos de uma **válvula direcional de 3 vias**.
 - O terceiro parágrafo deixa claro que temos dois movimentos (subida e descida), o que leva a optar por **válvulas com duas posições**.
 - No último parágrafo, definimos os tipos de acionamento das válvulas direcionais, ou seja, **acionamento por alavanca, com detente**.
 - Com isso, podemos definir que a **primeira válvula direcional**, logo após o cilindro pneumático, será do **tipo 3/2 acionada por alavanca, com trava**.
 - Para o segundo posto, devemos observar que há uma dependência entre ele e o primeiro, pois o penúltimo parágrafo diz que os comandos podem ser acionados independente da posição em que o outro se encontra.
 - Para atendermos esta solicitação, devemos montar as válvulas **em série**, conseguindo com isso que a linha de pressão seja comum aos dois comandos, isto é, depois de atravessar um deles.
 - Como já temos a primeira válvula, que é do tipo 3/2, devemos interligar as **vias pressão e escape** com as saídas de utilização da segunda válvula.
 - As vias de pressão e escape da primeira válvula passam a ser de utilização da segunda válvula, ou seja, temos duas utilizações.
 - Precisamos, então, de uma **válvula direcional, tipo 5/2 acionada por alavanca, com trava**.
 - Para complementar o circuito, precisaremos também de uma **unidade de condicionamento; uma válvula de fechamento**; e um ponto de **alimentação de pressão da rede**.
- b. Agora que já definimos os componentes a serem utilizados, devemos efetuar as interligações entre eles:
- Neste item, a única ressalva está **entre as duas válvulas direcionais**, onde devemos interligar as duas vias (**1 e 3**) da válvula 3/2, com duas vias de utilização da válvula 5/2 (**2 e 4**).
- c. Após completar todas as interligações, **devemos simular todas as operações possíveis** a partir de cada um dos postos, e avaliar se atendemos as solicitações do enunciado do exercício.



Exercício 2

Elabore um circuito para acionamento de um cilindro pneumático de duplo efeito, com possibilidade de parada da haste, sem travamento em qualquer parte do curso, a saber:

- O comando é executado por intermédio de dois controles.
- Controle **A** – Executa unicamente o avanço e/ou retorno do cilindro.
- Controle **B** – Executa unicamente a parada da haste, sem travamento, durante avanço e/ou retorno.

Por exigência do projeto, não podemos utilizar uma válvula de três posições com posição de travamento.

Os comandos são acionados por alavanca, com travamento.



Solução e comentários



Exercício 3

Elabore um circuito para acionar um cilindro pneumático de simples efeito, com retorno por mola, a partir de três postos de comando, a saber:

- Qualquer um dos postos poderá avançar e/ou retornar o cilindro, independente das posições com travamento em que os outros se encontram.
- Se qualquer um dos postos for desconectado para reparo, o funcionamento do cilindro será interrompido.
- Os comandos são acionados por alavanca, com travamento.



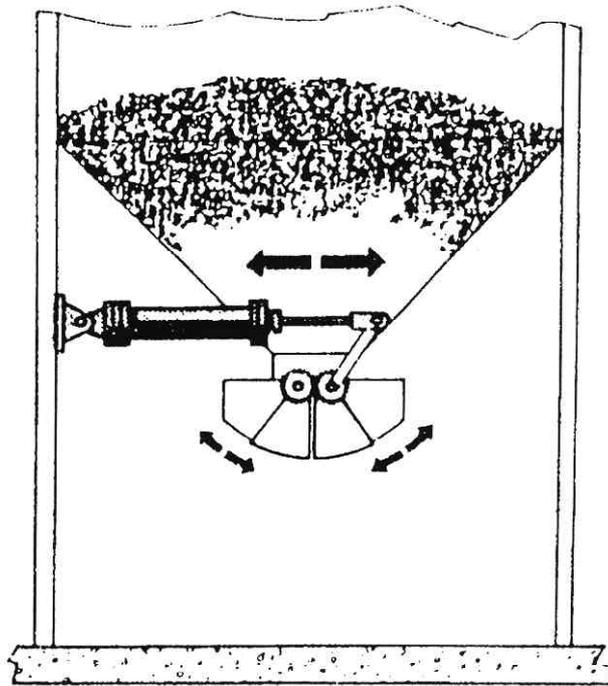
Solução e comentários



Exercício 4

Elabore um circuito onde utilizamos um cilindro pneumático de duplo efeito, que aciona a porta de descarga de um silo armazenador de grãos, a saber:

- O comando do cilindro poderá ser feito a partir de dois postos.
- Posto **A** – Executa unicamente avanço e/ou retorno da haste do cilindro.
- Posto **B** – Executa avanço e/ou retorno da haste do cilindro, permitindo também a parada e o travamento da haste em qualquer parte do curso.
- Qualquer um dos postos poderá avançar e/ou recuar a haste do cilindro, independente da posição com travamento em que o outro se encontra, se o mesmo não estiver parado com travamento.





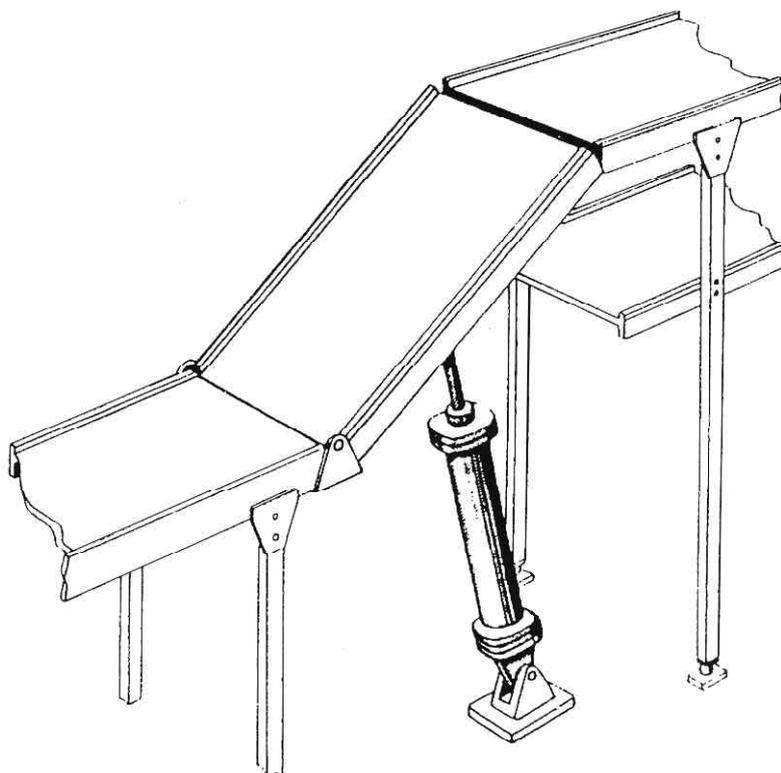
Solução e comentários



Exercício 5

Elabore um circuito pneumático para controle das velocidades de avanço e recuo da haste de um cilindro pneumático de simples efeito com retorno por gravidade, instalado para movimentar uma ponte basculante.

O sistema de controle de velocidade só deve ser instalado na linha de alimentação do cilindro.





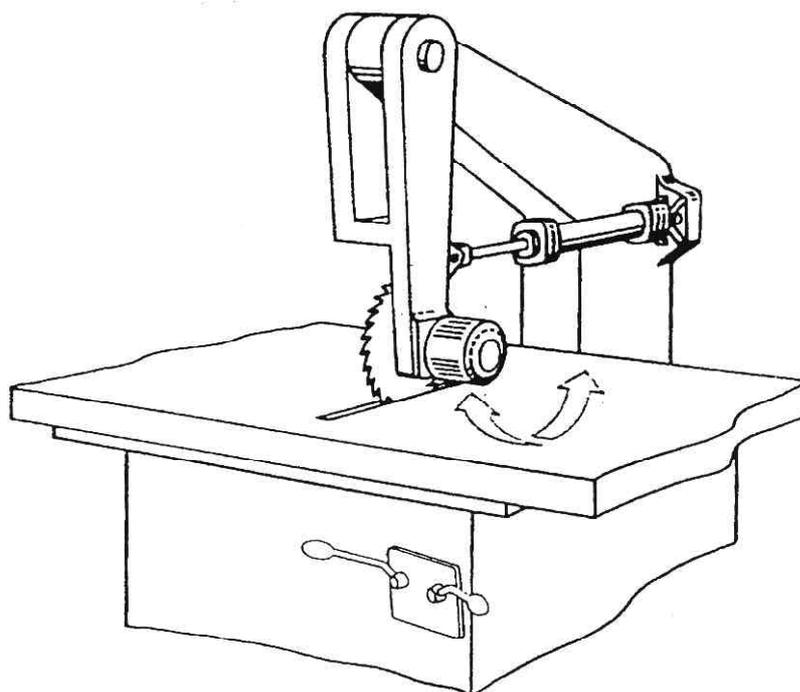
Solução e comentários



Exercício 6

Elabore um circuito para o controle de uma máquina com serra de disco, provida de um cilindro pneumático de simples ação com retorno por mola, que aciona o curso do disco de serrar, a saber:

- O acionamento do curso do disco de serrar deve ser feito por intermédio de dois postos.
- Posto **A** – Comando de segurança bimanual instalado na máquina.
- Posto **B** – Comando direcional instalado a alguns metros afastado da máquina.
- Somente quando o comando bimanual ou o comando direcional estiverem atuados teremos o avanço do disco de serrar.
- A segurança desse sistema reside no fato de que, por ocasião da operação de serrar, o operador deverá estar com as duas mãos sobre os comandos e fora da trajetória do disco em revolução (comando de segurança bimanual), ou afastado da máquina (no caso de se operar com uma só das mãos pelo comando direcional).





Solução e comentários



Exercício 7

Elabore um circuito para acionar um cilindro pneumático de simples efeito, com retorno por mola, a partir dos postos de comando, a saber:

- O cilindro permanece avançado enquanto o comando permanecer acionado, em qualquer dos postos.
- Qualquer um dos postos pode ser desconectado para reparo, sem interferir no funcionamento do cilindro.



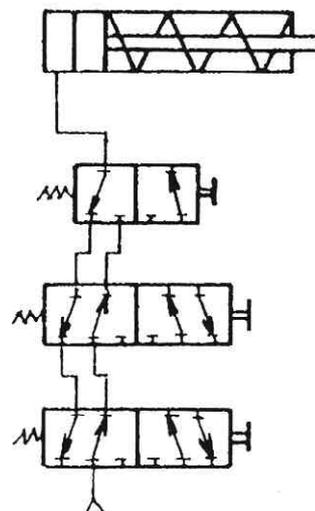
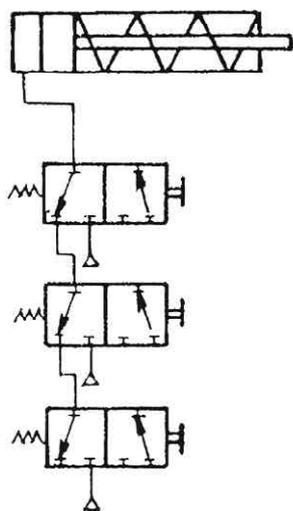
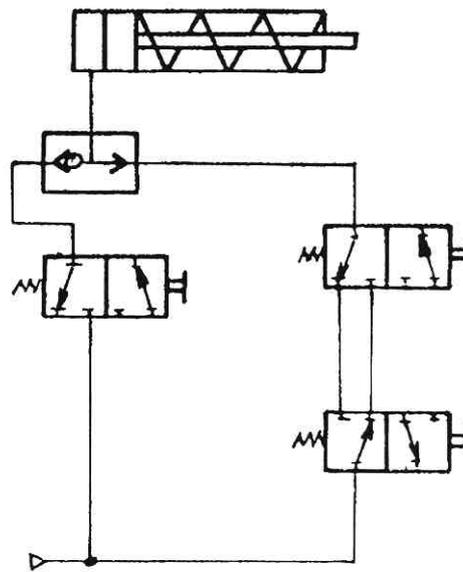
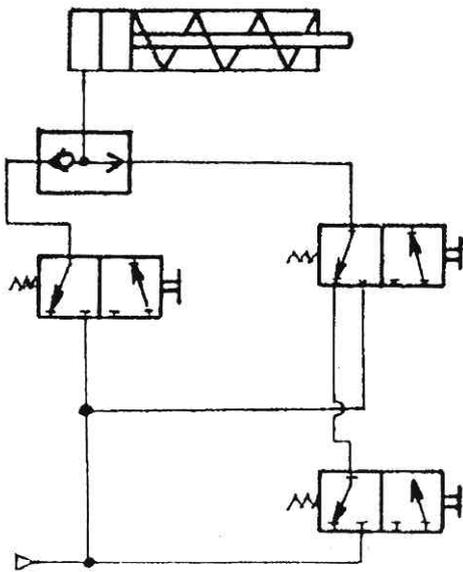
Solução e comentários



Exercício 8

Abaixo apresentamos algumas opções de circuitos para o comando de um cilindro pneumático de simples ação, a partir de três postos.

Localize e identifique qual circuito possui erro de projeto, e dê uma solução, redesenhando-o.





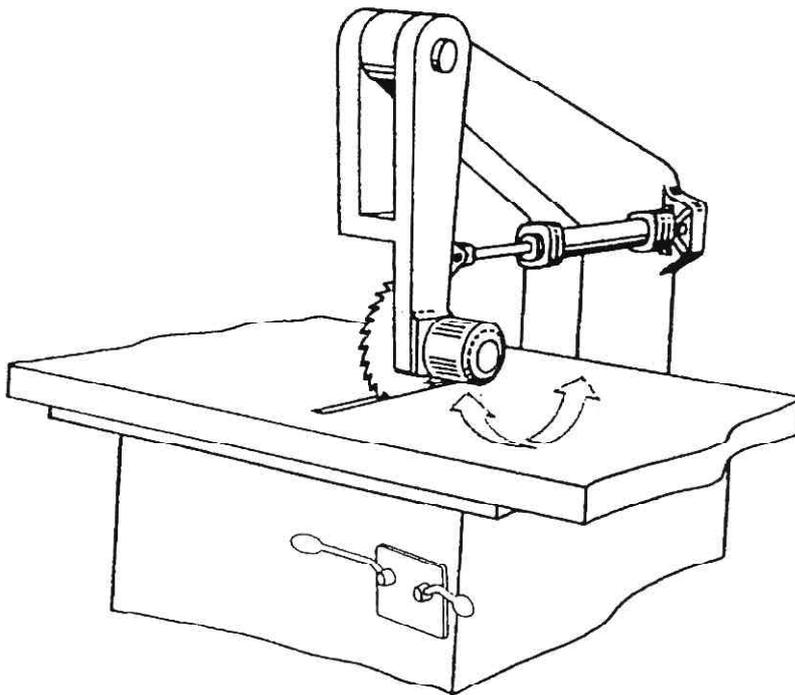
Solução e comentários



Exercício 9

Elabore um circuito para o controle de uma máquina com serra de disco, provida de um cilindro pneumático de dupla ação, acionado por uma válvula direcional pneumática pré-operada, que aciona o curso do disco de serrar, a saber:

- O acionamento do curso do disco de serrar deve ser por intermédios de dois postos.
 - Posto **A** – Comando de segurança bimanual instalado na máquina.
 - Posto **B** – Comando direcional instalado a alguns metros afastado da máquina.
- Somente quando o comando bimanual ou o comando direcional estiverem atuados, teremos o avanço do disco de serrar.
- A segurança desse sistema reside no fato de que, por ocasião da operação de serrar, o operador deverá estar com as duas mãos sobre os comandos, fora da trajetória do disco em revolução (comando de segurança bimanual), ou afastado da máquina (no caso de se operar com uma só das mãos pelo comando direcional).





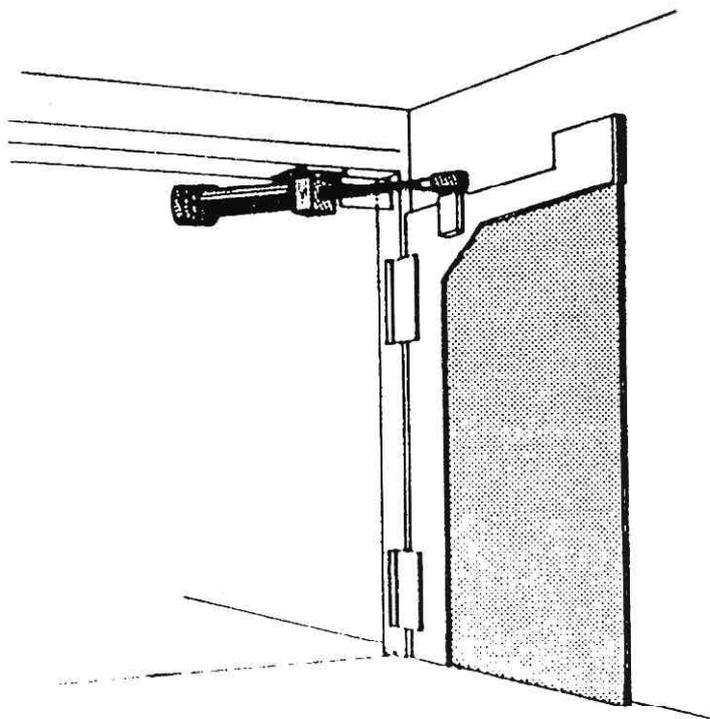
Solução e comentários



Exercício 10

Elabore um circuito para um sistema de abertura e fechamento de uma porta de segurança, acionada por um cilindro pneumático.

- A abertura é feita pelo acionamento de um botão pulsador.
- O fechamento da porta é automático, controlado por impulsos pneumáticos de curta duração.
- Nesse mesmo posto, um outro controle, quando acionado, pode parar o movimento da porta em qualquer parte do curso sem travamento.
- As velocidades de abertura e fechamento da porta devem ser controladas.





Solução e comentários



FIRJAN
Federação
das Indústrias
do Estado do
Rio de Janeiro

SENAI
Serviço Nacional
de Aprendizagem
Industrial do
Rio de Janeiro

Av. Graça Aranha, 1
Centro – CEP: 20030-002
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (21) 2563-4526
Central de Atendimento:
0800-231231