

Capítulo 5

Pneumática

A pneumática, além de se ocupar da dinâmica e dos fenômenos físicos relacionados com os gases e com o vácuo, é a responsável pela conversão da energia “produzida” pelo ar em energia mecânica.

A pneumática é um sistema que funciona com ar comprimido e conta com tubulações e válvulas cuja função é transformar a pressão do fluido em força mecânica para transmitir movimento controlado.

Em razão da alta compressibilidade do ar, a pneumática é utilizada para transmitir movimento em equipamentos que necessitam de pequenos esforços na operação. O grego Ktesíbios fundou a Escola de Mecânicos, no século III a.C., em Alexandria, tornando-se o precursor da técnica de usar o ar comprimido para tocar um instrumento musical, o órgão. Tal invento, por falta de investimentos e material adequado, foi esquecido ao longo do tempo. A máquina a vapor, inventada na primeira Revolução Industrial por James Watt, deu início à produção industrial de inúmeros equipamentos pneumáticos que aumentam a cada dia.

Hoje as operações industriais são realizadas automaticamente. A aplicação de tecnologias como automação pneumática, hidráulica, informática, elétrica, eletrônica, mecatrônica, robótica está cada vez mais presente no ambiente industrial e no cotidiano do ser humano.

Podemos citar como aplicação de atuação da força pneumática a abertura e o fechamento de portas, máquinas pneumáticas de furar e de parafusar, freios, motores pneumáticos, injetoras de plástico, pequenas prensas de impacto, pistolas para pintura, a robótica na manufatura e outras aplicações.

Apesar de não possuir forma, podemos notar a presença do ar em todos os lugares na Terra. A composição principal do ar é constituída por 78% de nitrogênio, 21% de oxigênio e 1% de outros gases tais como argônio, neônio, hélio, hidrogênio, resíduos de dióxido de carbono etc.

A camada de ar atmosférico que envolve a Terra se mantém por efeito da ação da gravidade. Na hidráulica, o fluido nos circuitos é o óleo; na pneumática, o fluido usado é o ar. A seguir, alguns termos normalmente utilizados para indicar propriedades do ar.

Compressibilidade – É o fenômeno que ocorre quando um volume de ar fica submetido a um aumento de pressão, como em um pistão pneumático. Nesse caso, a compressão feita pelo êmbolo causa diminuição de volume.

Expansibilidade – O ar ocupa o espaço físico em que é colocado. Portanto, por causa de sua qualidade de expansão, seu volume é variável: se adapta a qualquer recipiente onde é colocado.

Lei geral dos gases perfeitos – É possível reduzir o volume de um gás, aplicando-lhe certa pressão. O estado de um gás é determinado por meio de três grandezas: pressão, volume e temperatura.

Quando se comprime um gás, eleva-se sua temperatura.

Ao contrário, quando o ar comprimido se expande, ao aliviarmos sua pressão, ocorre um forte resfriamento.

A equação geral do estado dos gases leva em conta a variação de temperatura, por causa do aumento ou diminuição da pressão com a compressão/descompressão. A equação de estado para os gases perfeitos foi vista no capítulo 3, seção 3.3, equação 3.5.

Dispositivo de medição de pressão – O valor da pressão é indicado por um manômetro, sendo mais usado o tipo “tubo de Bourdon” (aplicação semelhante à vista em hidráulica). A simbologia utilizada nos circuitos pneumáticos é mostrada na figura 5.1.

Para evitar que os manômetros sofram avarias por oscilações e choques abruptos de pressão, a pressão é conduzida até o manômetro por meio de um estrangulamento em sua conexão de entrada. Outra maneira bastante comum de gerar um amortecimento na pressão é pelo uso de um fluido para esse fim, geralmente, a glicerina.

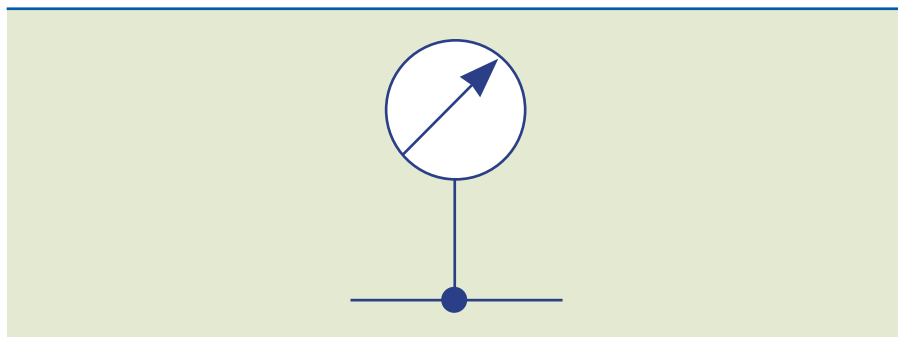


Figura 5.1

Simbologia para indicação do manômetro.

Os sistemas pneumáticos possuem elementos que filtram e limpam o ar que será utilizado.

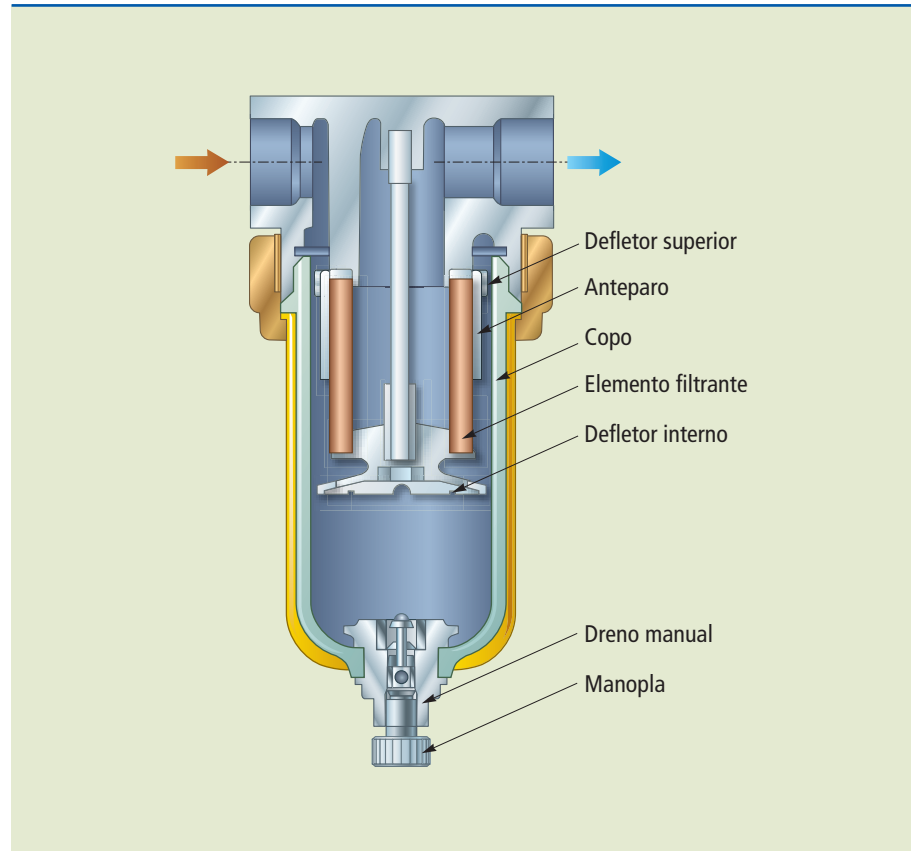
Na preparação do ar comprimido a ser utilizado no sistema, encontramos três elementos básicos: filtro, regulador de pressão e lubrificador.

As impurezas encontradas no ar são partículas de sujeira, poeiras ambientais, poeiras provenientes do processo produtivo, ferrugem, restos de óleo, umidade etc. Essas impurezas, em muitos casos, ocasionam falhas nas instalações e desgastes nos elementos pneumáticos.

5.1 Filtro de ar comprimido

O filtro tem função de reter as partículas de impureza bem como a água condensada presentes no ar (figura 5.2).

Figura 5.2
Representação esquemática de um filtro para pneumática.



O ar comprimido, quando entra no copo do filtro, é forçado a movimentar-se por meio de canais que irão direcioná-lo, girando-o, e por meio de “rasgos direcionais”. Com isso, por meio da força centrífuga, separam-se as impurezas maiores, bem como as gotículas de água, que por ação gravitacional depositam-se no fundo do copo. O líquido acumulado no fundo do copo deve ser retirado quando atinge a marca do nível máximo. Se isso não ocorrer, o líquido será arrastado novamente pelo ar que passa. Para eliminar o líquido do fundo do copo, basta abrir o dreno no fundo dele.

Existem alguns filtros que possuem dreno automático.

Com o tempo, o acúmulo dessas partículas impede a passagem do ar; por isso, o elemento filtrante deve ser limpo ou substituído em intervalos regulares.

5.2 Regulador de pressão

A função do regulador de pressão ou válvula reguladora (figura 5.3) é manter a pressão de trabalho (pressão secundária), independentemente das flutuações da pressão da rede (pressão primária). Quando o consumo de ar aumenta, a pressão de trabalho cai e a mola abre a válvula.

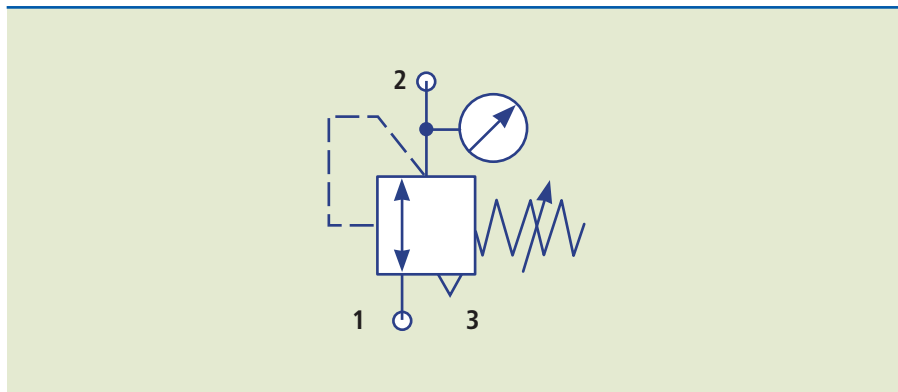


Figura 5.3

Simbologia representativa da válvula reguladora de pressão.

A pressão de trabalho deve manter-se constante, mesmo que a pressão do compressor de ar ou o consumo nos pontos de trabalho faça com que ela oscile. Portanto, para que a pressão de trabalho seja constantemente regulada, usa-se um piloto submetido à esta, que entra em ação a fim de regular a pressão ao valor desejado.

Por exemplo: com o aumento da pressão na área de trabalho, o piloto entra em ação e o fluxo de ar comprimido é desviado para o escape. Com isso, a secção de passagem do ar na válvula diminui gradativamente ou se fecha, sendo cortado o suprimento de ar na linha de alimentação do sistema pneumático. Quando o consumo do ar aumenta, a pressão diminui e a força exercida pela mola reabre a válvula fazendo com que o ar penetre no sistema pneumático novamente.

5.3 Lubrificador de ar comprimido

O lubrificador tem a finalidade de abastecer os elementos pneumáticos. A lubrificação é necessária para garantir um desgaste mínimo dos elementos móveis e manter em valores mínimos as forças de atrito e proteger os aparelhos contra a corrosão.

Os elementos de lubrificação pneumática são projetados segundo o princípio de Venturi (visto no capítulo 2, seção 2.4). De acordo com esse princípio, a diminuição do diâmetro da tubulação por onde passa o ar (garganta) ocasiona aumento de sua velocidade e queda de pressão na seção em que a área é menor. O lubrificador contém um reservatório de óleo conectado com a menor seção do Venturi. A pressão menor na garganta do Venturi faz com que o óleo seja admitido nessa seção e arrastado pela corrente principal de ar. Com isso, o Venturi lubrificador começa a funcionar, empurrando o óleo lubrificante para as linhas de utilização do trabalho.

5.4 Unidade de condicionamento

A unidade de condicionamento de ar comprimido é uma combinação de um filtro de ar comprimido, um regulador de pressão e um lubrificador em um conjunto único que facilita a manutenção do sistema pneumático, ou seja, limpeza do ar.

5.5 Compressores de ar

Compressores são máquinas utilizadas para elevar a pressão de ar proveniente da atmosfera até a pressão de trabalho requerida para execução de trabalho dos atuadores pneumáticos.

5.5.1 Compressores de deslocamento positivo

O princípio de funcionamento desses compressores baseia-se na redução do volume do ar. Quando a pressão ideal do ar é atingida, cessa sua admissão e sua compressão e, se não for possível parar a máquina, o excesso de pressão escapa para a atmosfera a fim de aliviar o sistema pneumático, evitando o colapso do compressor. Encontramos dois tipos de compressores de deslocamento positivo: os rotativos e os alternativos.

5.5.2 Compressores de deslocamento dinâmico

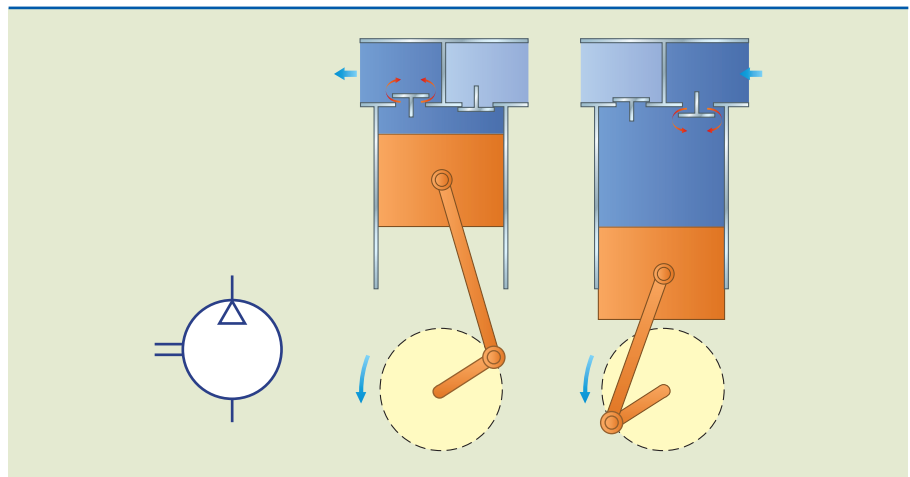
Nos compressores de deslocamento dinâmico, o aumento de pressão é obtido por meio de conversão de energia cinética em energia de pressão, durante a passagem do ar através das palhetas do compressor. O ar admitido entra em contato com os impulsores do rotor, dotados de alta velocidade. O ar é acelerado nesse sistema e atinge elevadas velocidades. Em outra fase, o seu escoamento é retardado por meio de difusores, provocando uma elevação de pressão. Os tipos podem ser: ejetor, radial e dinâmico.

5.5.3 Tipos de compressores

Compressor monoestágio de pistões

Figura 5.4

Simbologia e representação esquemática do funcionamento de um compressor com um único estágio de compressão.



Nesse tipo de compressor (figura 5.4), na admissão, o ar é aspirado pela válvula de admissão que abre a passagem do ar atmosférico, por meio de um filtro; logo, a aspiração ocorre durante o recuo do pistão. Quando o pistão avança, a válvula de admissão fecha, o ar que se encontra dentro do pistão é comprimido durante todo o curso de avanço do pistão. Durante a compressão, a válvula de escape se abre e o ar é direcionado para o vaso de pressão (reservatório de ar comprimido). No processo de compressão, ocorre diminuição de volume, aumento de pressão e um indesejável aumento de temperatura. Esse aumento de temperatura deverá ser minimizado pelo sistema de refrigeração, que conta com dissipadores de calor (aletas) e ventilador destinados para esse fim. Esse tipo de compressor é atualmente o mais usado e sua lubrificação é feita na parte inferior dos pistões. Os pistões são acionados por uma árvore de manivelas (eixo virabrequim) que salpica o óleo nas partes móveis interiores.

Compressor multiestágio de pistões

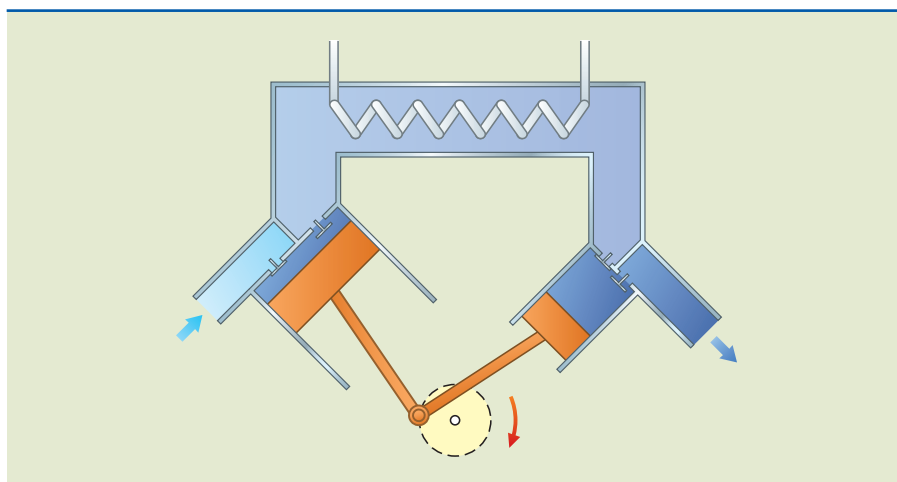


Figura 5.5

Representação esquemática do funcionamento de um compressor de dois estágios de compressão.

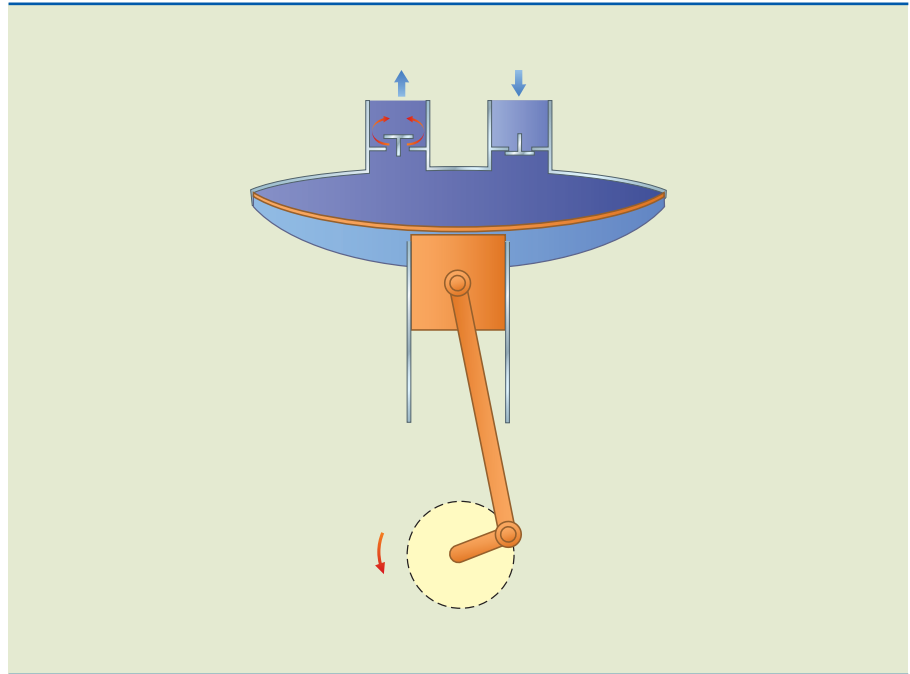
Quando há necessidade de comprimir o ar e atingir pressões relativamente mais elevadas, são necessários dispositivos com diversas etapas sucessivas de compressão. O artifício é a utilização de estágios em série, ou seja, um após o outro. Na figura 5.5, pode ser visto um compressor com dois estágios. O ar aspirado é comprimido no primeiro pistão e novamente comprimido pelo segundo pistão. A refrigeração intermediária é feita pelo aquecimento resultante da compressão. Existem configurações em que se usam mais de dois estágios de compressão.

Compressor de membrana (diafragma)

Esse tipo pertence ao grupo de compressores de pistão (figura 5.6). O pistão fica separado da câmara de sucção e compressão por uma membrana, e o mecanismo mantém o ar comprimido isento de contaminação provocada pela lubrificação das partes deslizantes. Esse ar, portanto, fica sempre livre de resíduos de óleo provenientes do compressor; por esse motivo, tais compressores são largamente empregados na indústria alimentícia, farmacêutica e química.

Figura 5.6

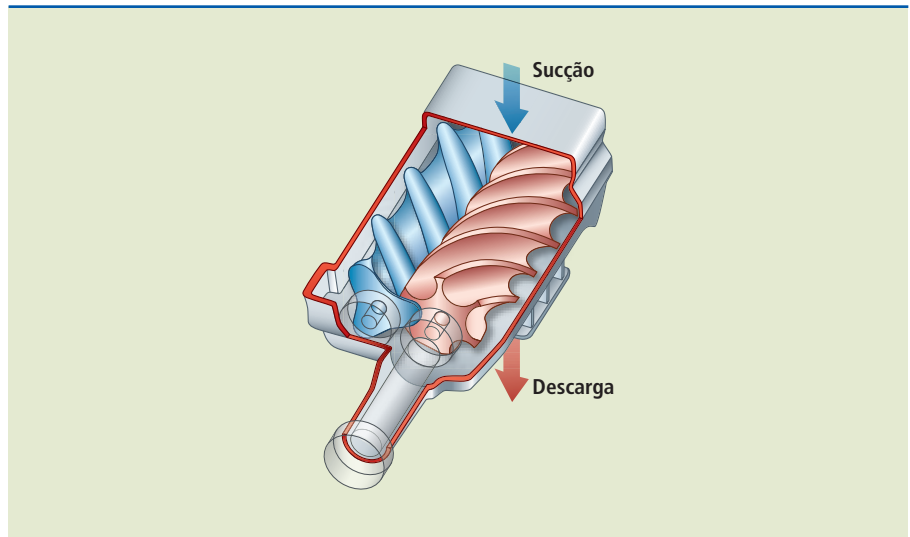
Representação esquemática do funcionamento de um compressor de membrana.



Compressor de parafusos

Figura 5.7

Representação esquemática de um compressor de parafusos.



Os compressores de parafusos (figura 5.7) são compressores rotativos dotados de dois eixos de rotação que funcionam conforme o princípio do deslocamento contínuo do ar. Esse mecanismo impede a formação de golpes e oscilações de pressão. Como esses compressores não possuem válvulas de aspiração e de pressão, exigem pouca manutenção. Permitem altas rotações e são de pequenas dimensões. Entretanto, consomem maior potência quando comparados com os compressores de pistões.

Os compressores desse tipo são construídos para operar sem lubrificação, garantindo um suprimento de ar isento de óleo.

Compressor de palhetas

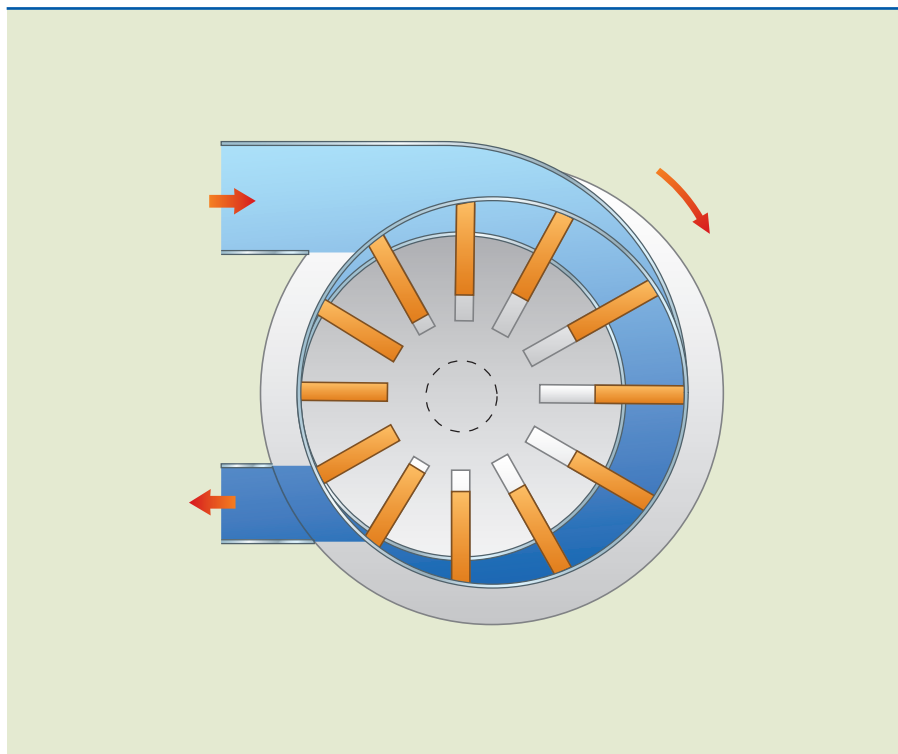


Figura 5.8

Representação esquemática de um compressor de palhetas.

O compressor de palhetas é do tipo rotativo, de um eixo que opera conforme o princípio de deslocamento (figura 5.8). Possui uma carcaça cilíndrica, com aberturas de entrada e saída, e um rotor alojado excêntrica, contendo as palhetas. Nesse compressor, a rotação diminui o volume do compartimento que contém o ar durante a rotação, aumentando a pressão.

Quando o rotor entra em movimento, as palhetas são expulsas de seus compartimentos pela força centrífuga e forçadas contra a carcaça. Em razão da excêntrica, no local em que gira o rotor há um aumento de área na sucção e uma diminuição na pressão.

Esses compressores ocupam pouco espaço e seu funcionamento é contínuo e equilibrado no que diz respeito ao fornecimento uniforme de ar. A lubrificação é feita por injeção de óleo.

Compressor de lóbulos (*root*)

Nesse compressor (figura 5.9), o ar é transportado sem alteração de volume. A compressão efetua-se pelos cantos de duas células rotativas, em que o ar é forçado a passar para o outro lado do compressor, e então é enviado para uma câmara fechada para receber a pressão. Esse compressor é capaz de enviar grande volume de ar e é utilizado quando o ambiente tem alta necessidade de vazão. Um bom exemplo de sua aplicação são as cabines pressurizadas de aeronaves. Contudo, possui baixa capacidade de compressão.

Trata-se de um sistema isento de contaminação, pois o acionamento sincronizado das células rotativas entre a carcaça do compressor dispensa lubrificação no seu interior.

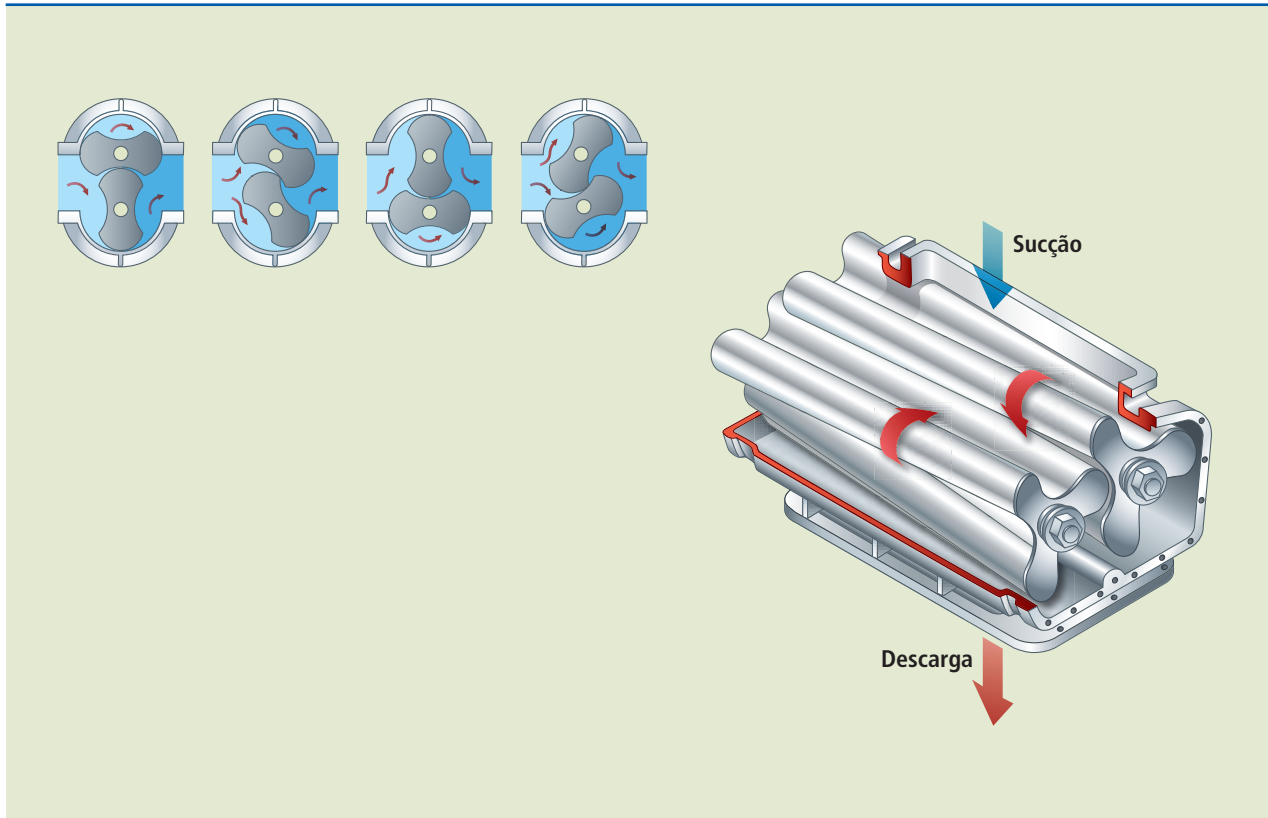


Figura 5.9

Detalhe do funcionamento e perspectiva em corte de um compressor de lóbulos.

Compressor axial

O compressor axial é adequado para grandes vazões de ar. Possui um ou mais rotores destinados a movimentar o ar, transformando essa energia de movimento em pressão. O ar movimenta-se em direção ao próprio sentido do eixo do compressor, axialmente, e dirige-se para o lado de saída com grande carga de volume e pressão. Se os rotores forem colocados em série, o poder de compressão e de fluxo será muito maior e o conjunto fornecerá ar comprimido a grande número de equipamentos. É encontrado em grandes indústrias, em razão da grande demanda de ar necessária para acionar diversos e numerosos equipamentos pneumáticos.

Compressor radial (centrífugo)

Esse compressor (figura 5.10) é adequado para grandes vazões de ar. Os compressores tipo radiais também são máquinas de fluxo. Neles, a energia cinética também é convertida em pressão. A aspiração é feita axialmente, e o ar é posteriormente conduzido para a saída, no sentido radial, ou seja, 90° em relação ao eixo. Para alcançar pressões maiores nesse tipo de compressores, são necessários vários estágios de compressão.

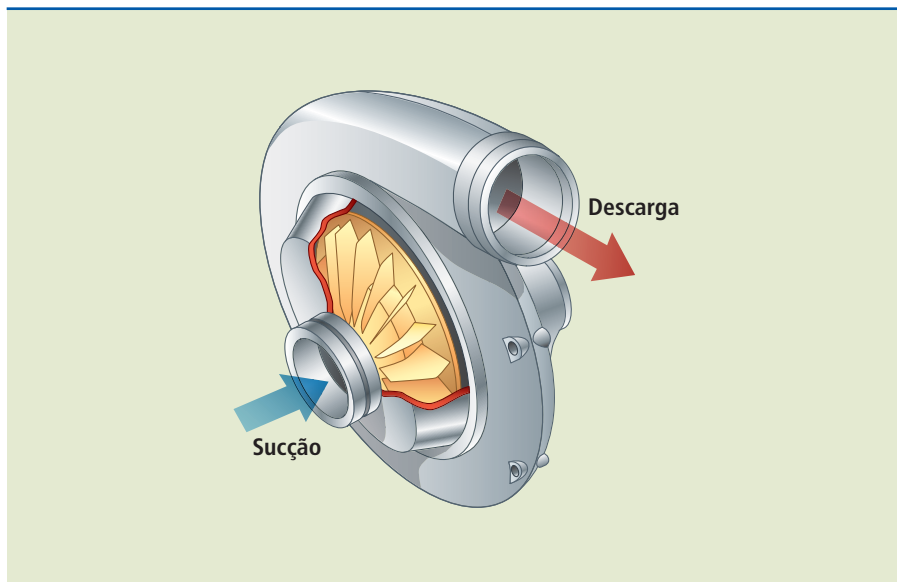


Figura 5.10
Compressor do tipo radial.

5.5.4 Vazão de ar dos compressores

A vazão de ar é a quantidade de ar que está sendo fornecida pelo compressor escolhido para operar os equipamentos pneumáticos.

Por exemplo: uma grande indústria ou uma aeronave de porte que necessita de inúmeros componentes pneumáticos utiliza normalmente compressores de fluxo tipo axial ou radial. Já um pintor de veículos de uma pequena oficina mecânica precisa apenas de um compressor tipo pistão monoestágio.

“Pressão de regime” é a pressão fornecida pelo compressor, a do reservatório ou a de uma rede distribuidora. “Pressão de trabalho” é a pressão demandada nos pontos de trabalho.

Um sistema pneumático básico constitui-se de compressor, reservatório e ponto de trabalho.

5.5.5 Regulagem e acionamento dos compressores

O acionamento dos compressores ocorre conforme a disponibilidade de energia do usuário, podendo ser por motor elétrico (mais comum em instalações industriais) ou motor de combustão. Quando a estação é móvel, emprega-se um motor de combustão (em geral, alimentado por gasolina ou óleo diesel).

Para combinar o volume de fornecimento com o ar consumido, é importante que se faça a regulagem dos compressores. Dois valores limites são preestabelecidos: a pressão máxima e a mínima. Encontramos muitas técnicas de regulagem, desde o fechamento da sucção do ar até o fechamento de fornecimento de pressão. Entretanto, na prática, a forma mais utilizada é a regulagem intermitente, pois permite que o compressor funcione em dois campos: fornecimento em carga e em parada total.

A regulagem intermitente conta com motor elétrico que é desligado por um pressostato quando o ar produzido atinge a pressão máxima regulada, e o compressor para, então, de fornecer pressão, mantendo a carga já produzida em seu reservatório. À medida que o volume de ar vai sendo consumido e a pressão atinge um valor mínimo, também preestabelecido, o pressostato liga de novo, o motor elétrico e o compressor começar a trabalhar outra vez, fornecendo a pressão necessária para encher novamente o reservatório.

5.5.6 Lugar de montagem dos compressores

Os compressores devem ser montados em um ambiente fechado, com proteção acústica, pois produzem muito ruído. O mantenedor de funcionamento do compressor deve utilizar protetor auricular.

O ambiente deve ser bastante ventilado e o ar deve ser seco, fresco e livre de impurezas. Em indústrias de grande porte, a instalação deve possuir sistema de alarme sonoro que deverá acionar quando ocorrer falha em algum compressor, acionando automaticamente outro compressor para que o suprimento de ar comprimido não seja comprometido.

5.5.7 Manutenção do compressor

Essa é uma tarefa primordial dentro do setor industrial. É importante seguir as instruções recomendadas pelo fabricante para todo e qualquer equipamento. É essencial também que um plano semanal de manutenção seja previsto, e nele deverá estar especificada a verificação do nível de lubrificação em pontos destinados a essa ação, principalmente, nos mancais do compressor, motor e cárter.

Nesse mesmo período, são previstas a limpeza do filtro de ar e a verificação da válvula de segurança para comprovação de sua condição real de funcionamento.

A água acumulada no tanque do compressor deve ser drenada semanalmente quando seu uso é constante e diariamente, quando é muito constante.

5.5.8 Refrigeração dos compressores

O ar resultante da compressão pode aumentar muito sua temperatura, assim, torna-se necessária a adoção de sistema de diminuição dessa.

Em compressores de pequeno porte, na parte externa do cabeçote há elementos chamados aletas, que são superfícies estendidas cuja função é aumentar a área de troca de calor com o ar ambiente. Normalmente, nessas condições (convecção natural), as aletas são suficientes para dissipar o calor. Já em compressores maiores, há necessidade de um ventilador para dissipar o calor nas aletas (convecção forçada). Entretanto, quando se trata de uma estação de compressores com elevada potência de acionamento, a refrigeração a ar é insuficiente. Nesses casos, os compressores devem ser equipados com refrigeração à água.



Resfriador posterior

O resfriador posterior é um trocador de calor e tem como finalidade resfriar o ar comprimido.

A umidade presente no ar comprimido é prejudicial ao sistema pneumático. Supondo que a temperatura de descarga de uma compressão seja de aproximadamente 130 °C, à medida que essa temperatura diminui, a água se condensa no sistema de distribuição, causando sérios problemas.

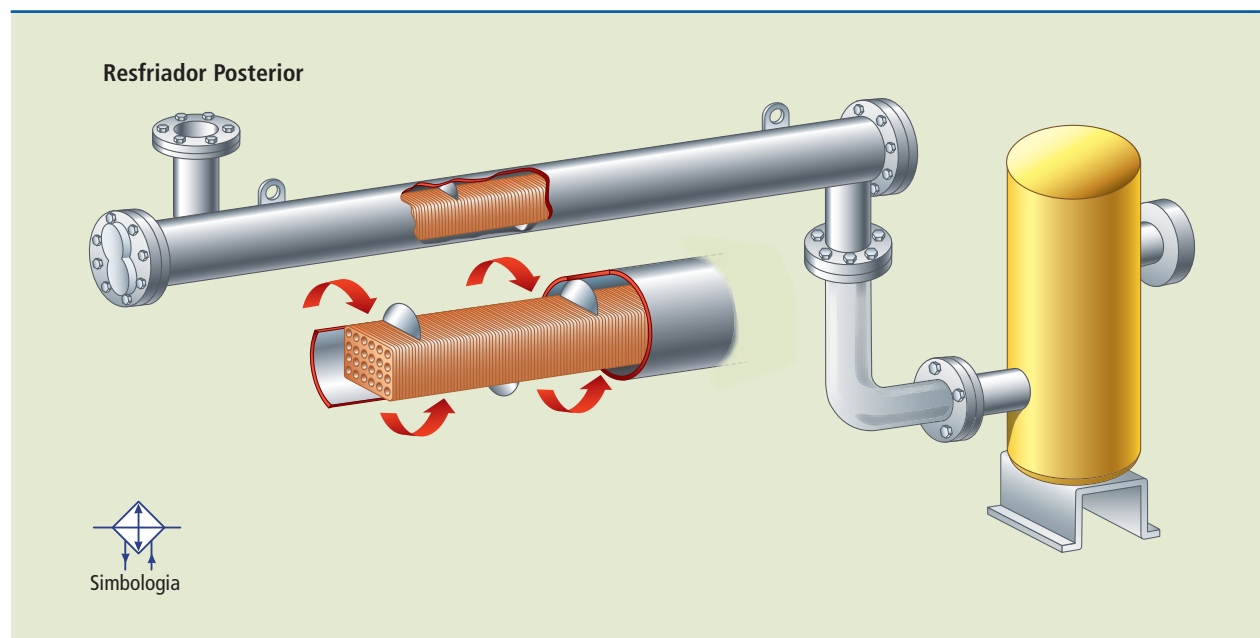
Uma das maneiras de resolver esse problema nas instalações de ar comprimido é o resfriador posterior, que fica localizado entre a saída do compressor e o reservatório. Nessa zona, o ar comprimido atinge sua maior temperatura. Esse resfriamento permite reduzir de 75% a 90% do vapor de água contido no ar e vapores de óleo, evitando também que a linha de distribuição dilate pelo aumento de temperatura de descarga do ar.

Um resfriador posterior (figura 5.11) é constituído basicamente de duas partes:

- Um corpo em geral cilíndrico onde se alojam feixes de tubos, formando no interior do corpo uma espécie de colmeia.
- Um separador de condensado dotado de dreno.

Figura 5.11

Resfriador e reservatório de ar comprimido.

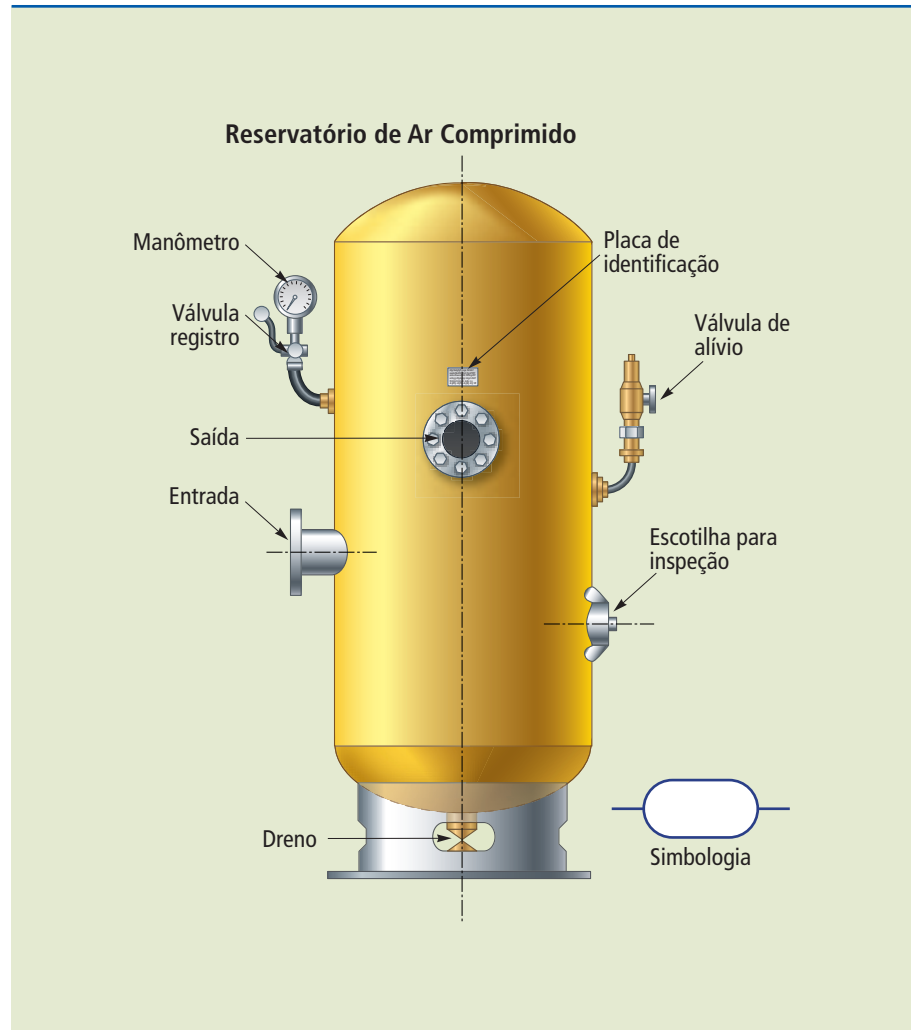


5.6 Reservatório de ar comprimido

O reservatório de ar comprimido (figura 5.12) tem a função de estabilizar a distribuição do ar comprimido. Ele elimina as oscilações de pressão na distribuição quando há consumo momentâneo de ar e tem a função de garantir a reserva do ar comprimido.

A grande superfície do reservatório refrigera o ar suplementar e parte da umidade do ar se separa na superfície de troca de calor.

Figura 5.12
Reservatório de ar comprimido.



A água encontrada nos reservatórios de ar comprimido é resultante da condensação do vapor de água (que está presente no ar atmosférico) pelo processo de compressão. A água, mais pesada, repousa no fundo do tanque e deve ser constantemente eliminada por intervenção manual ou de modo automático.

5.7 Rede de distribuição do ar comprimido

Provocada pela sempre crescente racionalização e automatização das instalações industriais, cada máquina e cada dispositivo requerem uma quantidade de ar específica. Sendo assim, o diâmetro das tubulações deve ser capaz de alimentar os pontos de distribuição e garantir uma carga de ar necessária para manter a pressão de trabalho adequada em cada ponto de utilização.

A figura 5.13 mostra um exemplo de rede de distribuição de ar comprimido.

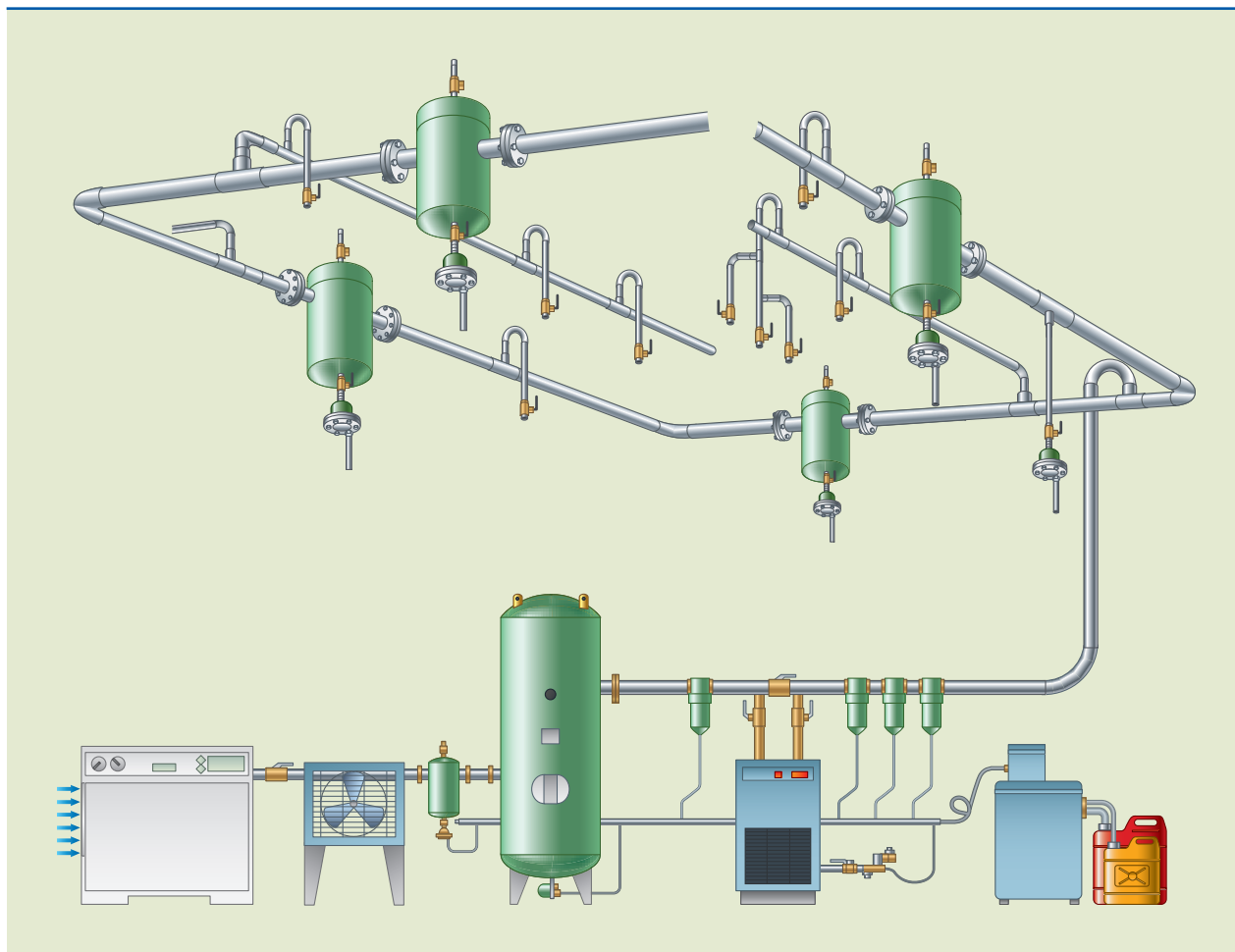


Figura 5.13

Exemplo esquemático de uma rede de distribuição de ar comprimido.

Na escolha do diâmetro da tubulação, deve-se considerar:

- Volume corrente (vazão).
- Comprimento da rede.
- Queda de pressão admissível.
- Pressão de trabalho.
- Número de pontos de estrangulamento da rede.

As redes de distribuição têm arquiteturas definidas como:

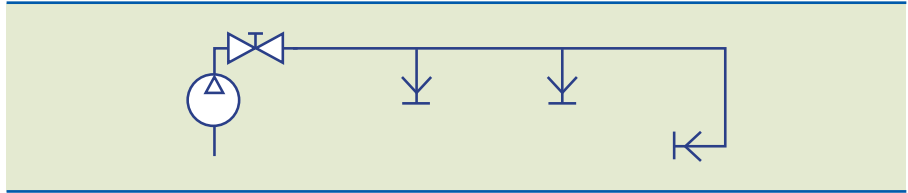
- Rede de distribuição em circuito aberto.
- Rede de distribuição em circuito fechado.
- Rede de distribuição combinada.

5.7.1 Rede de distribuição em circuito aberto

Consiste em uma única tubulação para fornecer a pressão. O ar do compressor atua em toda a extensão da tubulação, a qual possui, em posições estratégicas, os pontos de distribuição do ar. A figura 5.14 mostra uma representação esquemática de um trecho de um circuito aberto.

Figura 5.14

Representação esquemática de uma rede de distribuição em circuito aberto.



A montagem das tubulações deve ser em declive de 1% a 2% na direção do fluxo por causa da formação de água condensada.

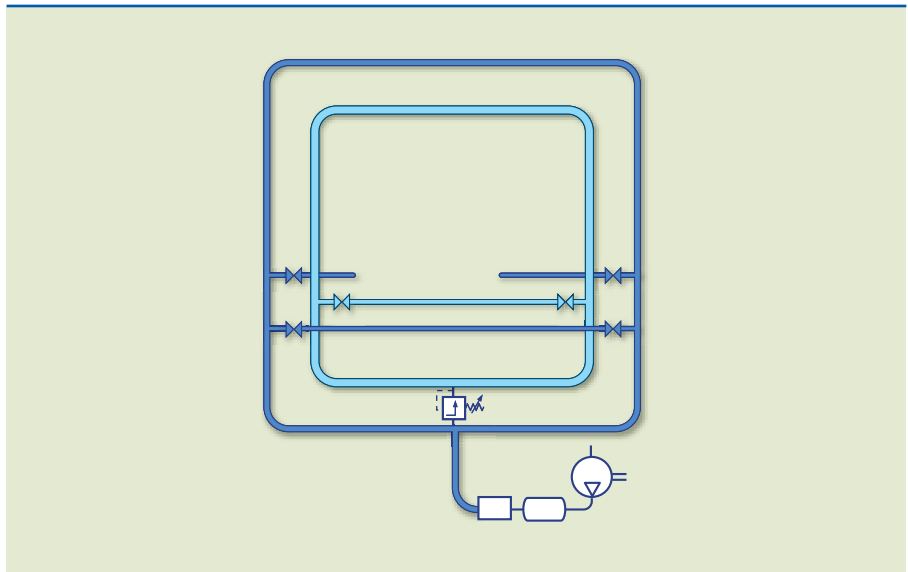
Em tubulações horizontais, os ramais de tomadas de ar devem ser instalados na parte superior do tubo principal.

Para drenar a água condensada na tubulação, devem ser instaladas derivações constituídas com drenos, localizadas na parte inferior da tubulação principal.

5.7.2 Rede de distribuição em circuito fechado

Figura 5.15

Representação esquemática de um exemplo de circuito fechado.



Geralmente, as tubulações principais das instalações pneumáticas são montadas em circuito fechado (figura 5.15). Partindo da tubulação principal, são instaladas as ligações em derivação.

Nos casos em que se consome muito ar comprimido, é aconselhável esse tipo de montagem que gera uma alimentação uniforme, pois o ar flui em ambas as direções.

5.7.3 Rede de distribuição combinada

Uma rede de distribuição combinada (figura 5.16) também é uma instalação em circuito fechado. Por possuir ligações longitudinais e transversais, oferece a possibilidade de utilizar o ar em qualquer posição.

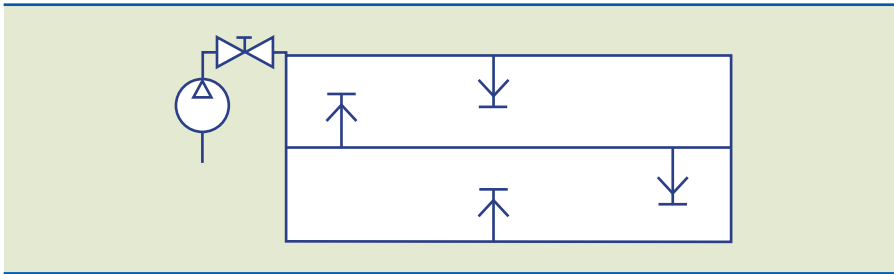


Figura 5.16

Representação esquemática de uma rede de distribuição combinada.

Nesse tipo de construção, as válvulas de fechamento dão a possibilidade de bloquear determinadas linhas de ar comprimido quando estas não estão sendo usadas ou quando se tem a necessidade de manutenção ou reparo.

5.8 Elementos pneumáticos

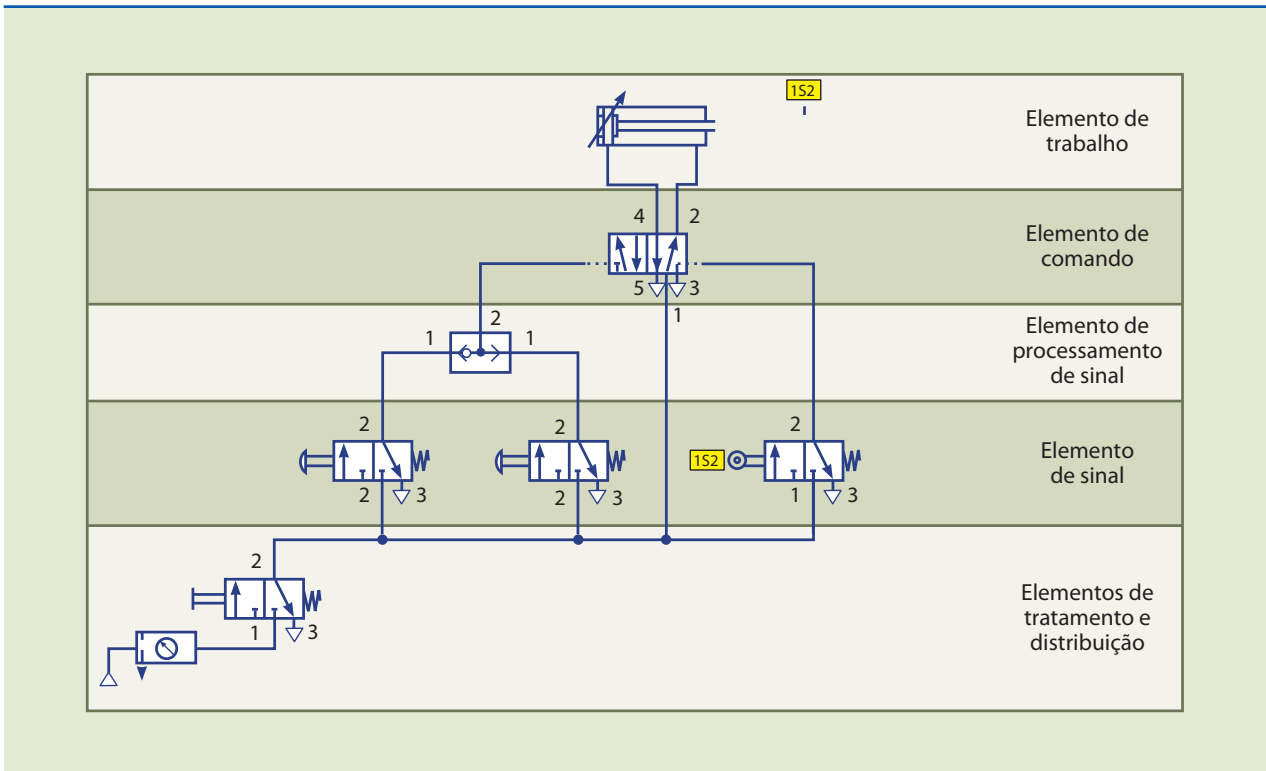
5.8.1 Cadeia de comando

Da mesma forma que ocorre em um sistema hidráulico, os atuadores são os elementos responsáveis para executar o trabalho pneumático. Os elementos de comando e de controle são encarregados de fornecer o ar comprimido para promover avanço ou recuo dos atuadores, uma vez que recebem o ar do elemento de produção, tratamento e distribuição.

A hierarquia de distribuição dos componentes pneumáticos é semelhante à do sistema hidráulico, recebendo também a denominação de cadeia de comando. Uma cadeia de comando pneumática é exemplificada pela figura 5.17.

Figura 5.17

Representação dos elementos essenciais em um circuito pneumático.



5.8.2 Válvula redutora de fluxo variável com retenção

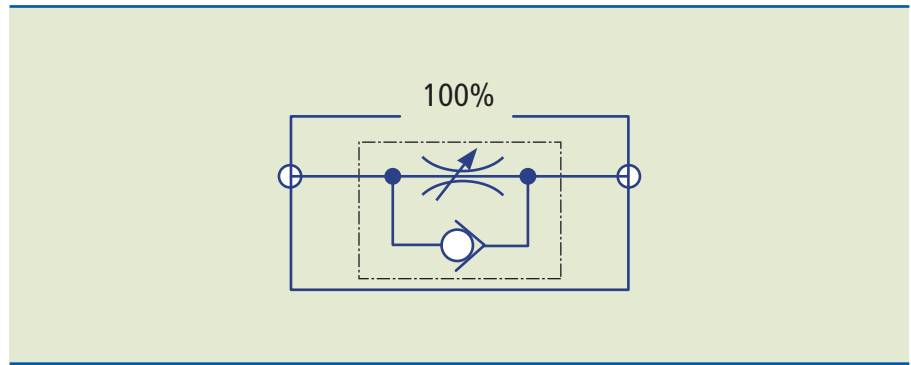
A válvula reguladora de fluxo unidirecional é constituída de uma válvula de fluxo e de uma válvula de retenção (figura 5.18).

A válvula de retenção não permite que a vazão flua em determinado sentido. O escoamento principal ocorre através da válvula de fluxo, e a passagem do ar é ajustada por um parafuso. No sentido oposto, a vazão ainda pode acontecer através da válvula de retenção, também conhecida como válvula reguladora de velocidade.

Essas válvulas são utilizadas para a regulagem de velocidades tanto em motores pneumáticos quanto em atuadores.

Figura 5.18

Simbologia de uma válvula redutora de fluxo variável com retenção.



Regulagem da entrada do ar (regulagem primária)

A regulagem de fluxo é feita somente em um sentido de pressão, para a unidade acionada, ou seja, para o atuador pneumático. O retorno do ar através da válvula de retenção é livre.

Regulagem de exaustão (regulagem secundária)

Essa é feita na exaustão do ar, isto é, na linha de retorno proveniente do cilindro pneumático. Na entrada da pressão, a válvula de retenção permite fluxo livre do ar.

A válvula reguladora de fluxo melhora muito o avanço dos cilindros pneumáticos, por esse motivo é comum encontrá-las em suas linhas de atuação.

5.8.3 Válvulas limitadoras de pressão

São as válvulas que limitam a pressão no circuito pneumático e atuam em caso de problemas no regulador de pressão. Por isso, são também chamadas de válvulas de alívio.

Devem estar reguladas para valores acima da pressão de trabalho do regulador, pois, em caso de falha, entram, em funcionamento, limitando a pressão no circuito. O excesso de ar é então liberado para a atmosfera.

5.8.4 Válvula alternadora (função lógica “OU”)

Também chamada válvula de comando duplo ou válvula de dupla retenção, essa válvula tem duas entradas, 1 e 1, e uma saída 2 (figura 5.19). Entrando ar comprimido na 1 (direita), a esfera fecha a entrada 1 (esquerda) e o ar flui de 1 para 2. Em sentido contrário, quando o ar flui de 1 (esquerda) para 2, a entrada 1 (direita) é fechada.

Essa válvula é utilizada quando se quer pilotar uma válvula por dois pontos diferentes, prática constante em situações de emergência.

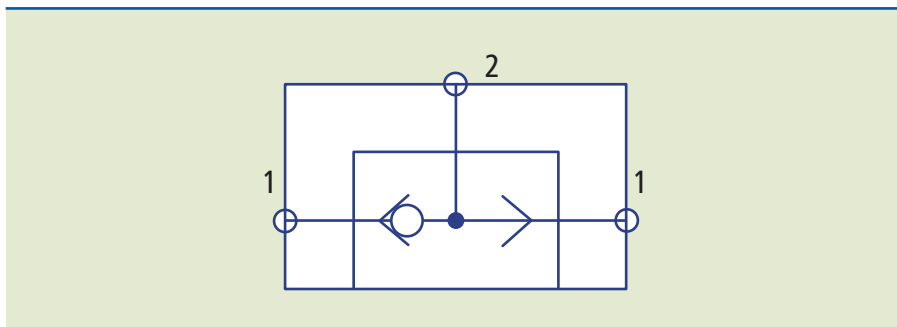


Figura 5.19

Representação esquemática de uma válvula alternadora.

5.8.5 Válvula de simultaneidade (função lógica “E”)

É comutada com base no ar comprimido que entra nas duas conexões de entrada 1 e sai através da conexão de saída 2. Caso as duas conexões de entrada comecem a receber ar comprimido, a conexão com a menor pressão prevalece e é usada (função lógica “E”). É muito utilizada em locais onde há necessidade de o operador ficar com as duas mãos ocupadas, como no caso de prensas.

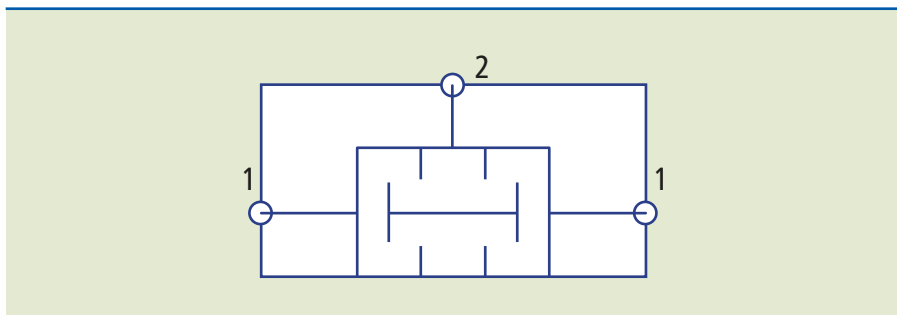


Figura 5.20

Representação esquemática de uma válvula de simultaneidade.

5.9 Atuadores pneumáticos

São elementos capazes de converter a energia contida no ar comprimido em trabalho.

A energia fornecida pelo ar comprimido é convertida em força ou torque que é transmitida à carga que se quer movimentar. Portanto, os atuadores são ligados mecanicamente à carga a ser movimentada.

A energia pneumática é transformada, por atuadores pneumáticos, em movimentos retilíneos ou rotativos e, pelos motores pneumáticos, em movimentos rotativos.

Na atuação linear, encontramos na pneumática os seguintes tipos de cilindros:

Figura 5.21

Cilindro de ação simples.

- Cilindros de ação simples (retorno por mola) (ver figura 5.21).

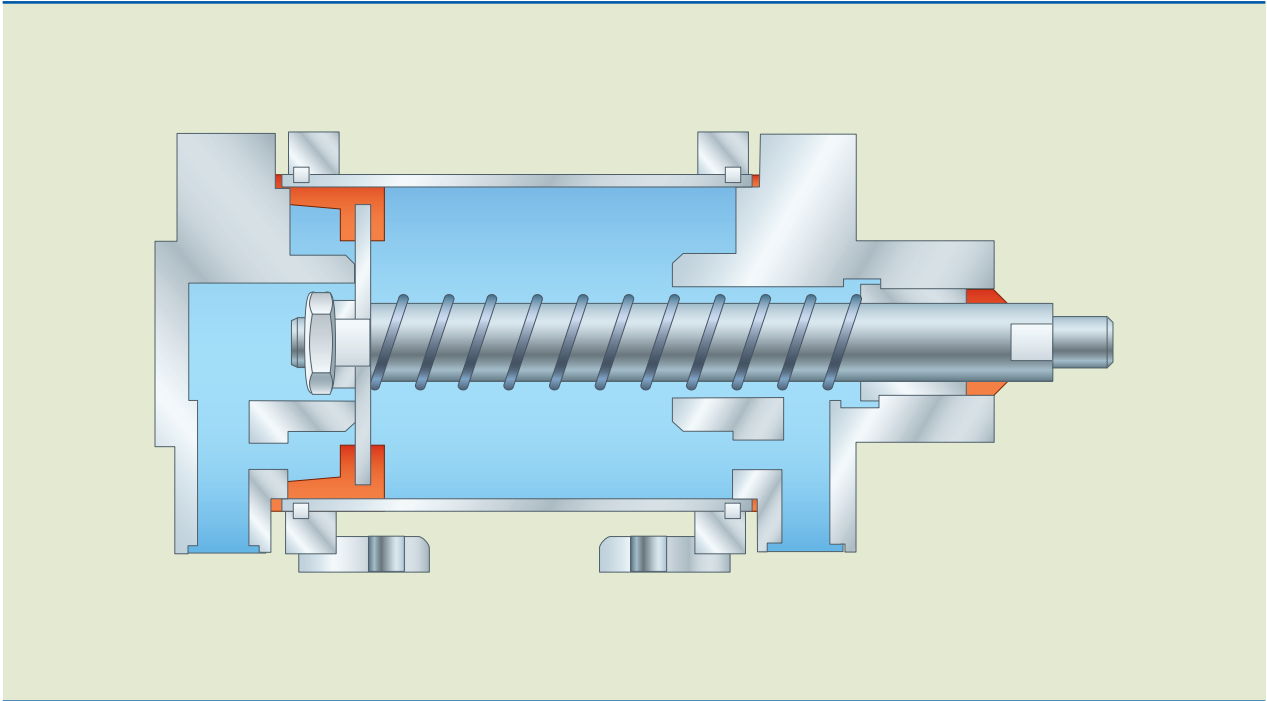
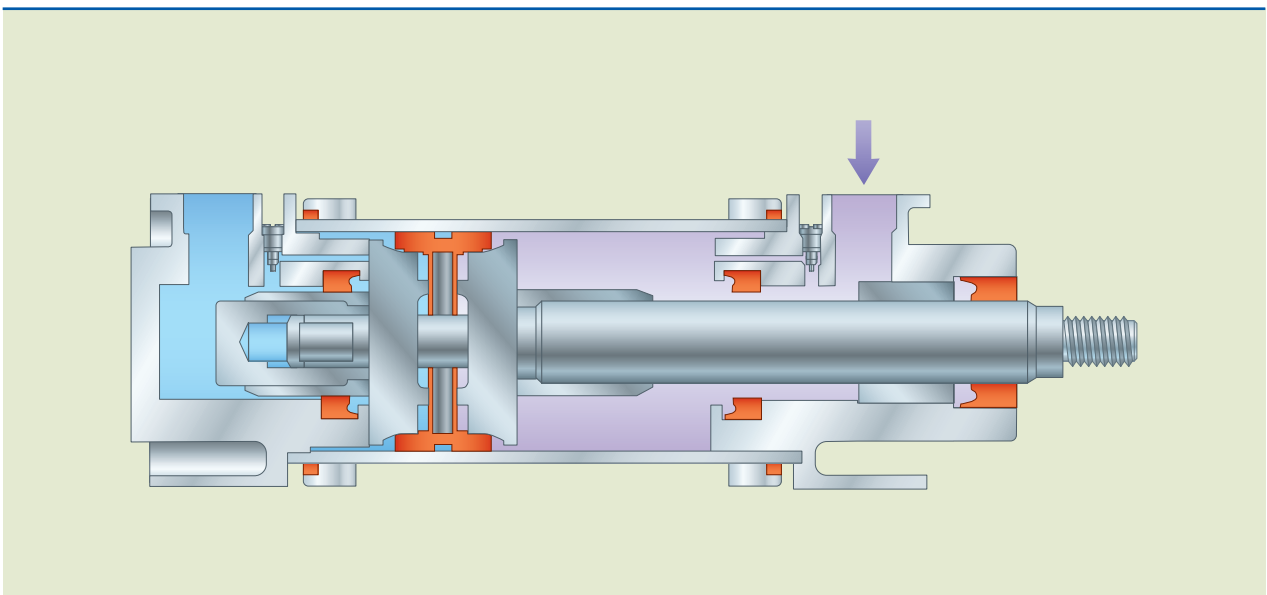


Figura 5.22

Cilindro de ação dupla.

- Cilindro de ação dupla com haste simples (figura 5.22).



- Cilindro de ação dupla com haste dupla e outros tipos de cilindros semelhantes estão representados nas figuras 5.23 a 5.26.

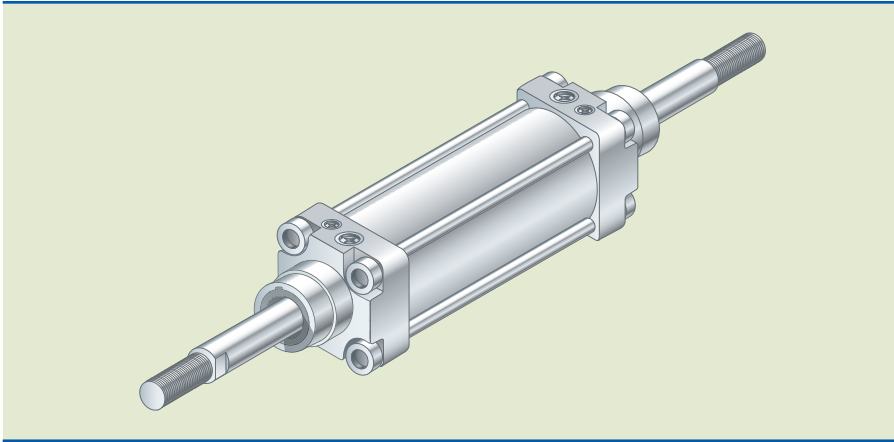


Figura 5.23

Cilindro de ação dupla com haste passante.

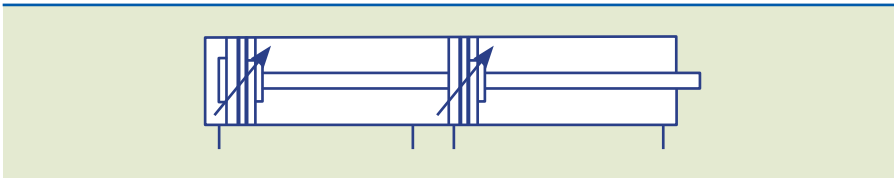


Figura 5.24

Atuador de ação dupla tandem.

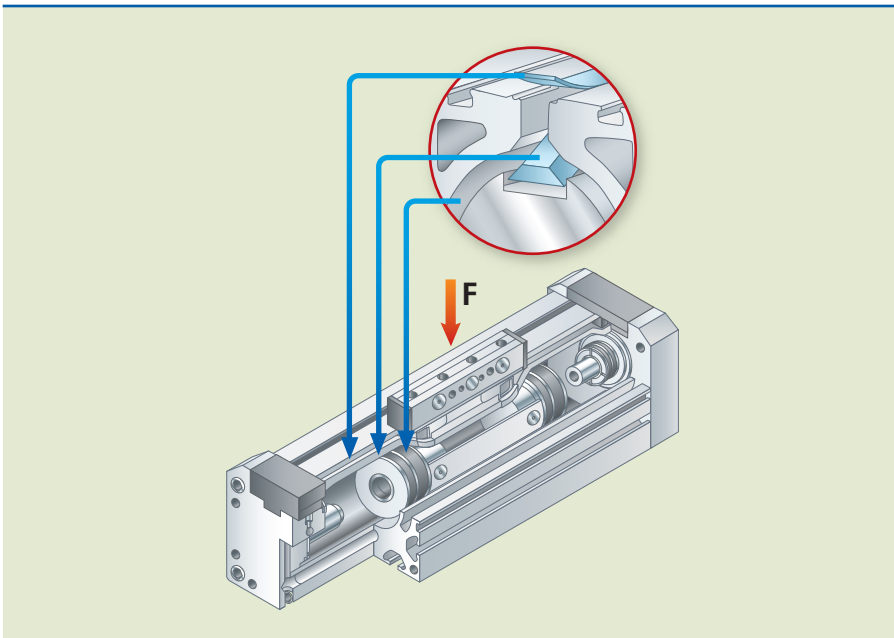


Figura 5.25

Atuadores: ação dupla sem haste acoplamento mecânico.

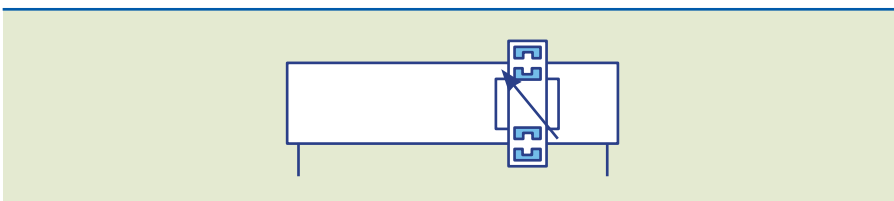


Figura 5.26

Atuadores: ação dupla sem haste acoplamento magnético.

Os atuadores devem ser selecionados para cada tipo de aplicação. Dessa forma, deve-se selecionar, por exemplo, atuadores que produzam movimentos lineares para aplicações em que se requer movimento linear, sabendo que esse tipo de atuador também pode ser utilizado para movimento angular.

Os atuadores são representados pelos cilindros pneumáticos e são adequados à execução de movimento, força e velocidade.

Os atuadores capazes de produzir movimento rotativo também convertem energia pneumática em mecânica pelo torque contínuo. Nessa classe, encontram-se os motores pneumáticos e as turbinas pneumáticas.

Os que produzem movimentos oscilantes possuem movimento de torção limitado a um grau e são representados pelos osciladores pneumáticos ou atuadores giratórios.

Critérios para seleção de atuador pneumático

Para escolher um atuador pneumático, é necessário seguir alguns critérios:

- a) Tipo de movimento a executar: rotativo ou linear.
- b) Sentido de rotação e inversão.
- c) Número de rotações e velocidade.
- d) Torque e força a executar.
- e) Potência a desenvolver.
- f) Uniformidade da força e velocidade.
- g) Características em relação às influências ambientais internas e externas.
- h) Aspectos ergométricos.

5.9.1 Válvulas direcionais pneumáticas

As válvulas direcionais são utilizadas para comando de regulação de partida, de parada e de direção de atuadores pneumáticos.

A denominação “válvula” corresponde à normalização internacional e abrange todas as construções tais como: registros, válvulas de esfera, válvulas direcionais, de assento etc.

Os esquemas pneumáticos, assim como os hidráulicos, usam símbolos para a descrição de válvulas que caracterizam sua função.

As válvulas são simbolizadas por quadrados, e o número de quadrados unidos indica o número de posições que uma válvula pode assumir.

A função e o número de vias estão dentro dos quadrados, as linhas indicam vias, as setas indicam a direção do fluxo e traços transversais indicam bloqueio.

As válvulas são denominadas de acordo com o número de vias (conexões) e de acordo com o número de posições de comando. Exemplo: em 3/2, o primeiro número (3) indica o número de vias e o segundo (2) indica o número de posições de comando.



As conexões de pilotagem não são consideradas como vias.

A simbologia utilizada poderá ser vista a seguir.

Número de posições

A simbologia do número de posições das válvulas direcionais segue uma lógica de fácil entendimento e dá ideia de seu funcionamento real. Seus símbolos são em forma de quadrados, no mínimo dois, e significam o número de posições que a válvula poderá assumir.

Uma válvula direcional simbolizada com dois quadrados significa que ela tem duas posições. Quando possuir três quadrados, três posições; quatro quadrados, quatro posições, e assim por diante. A figura 5.27 indica a simbologia usada nas válvulas direcionais.

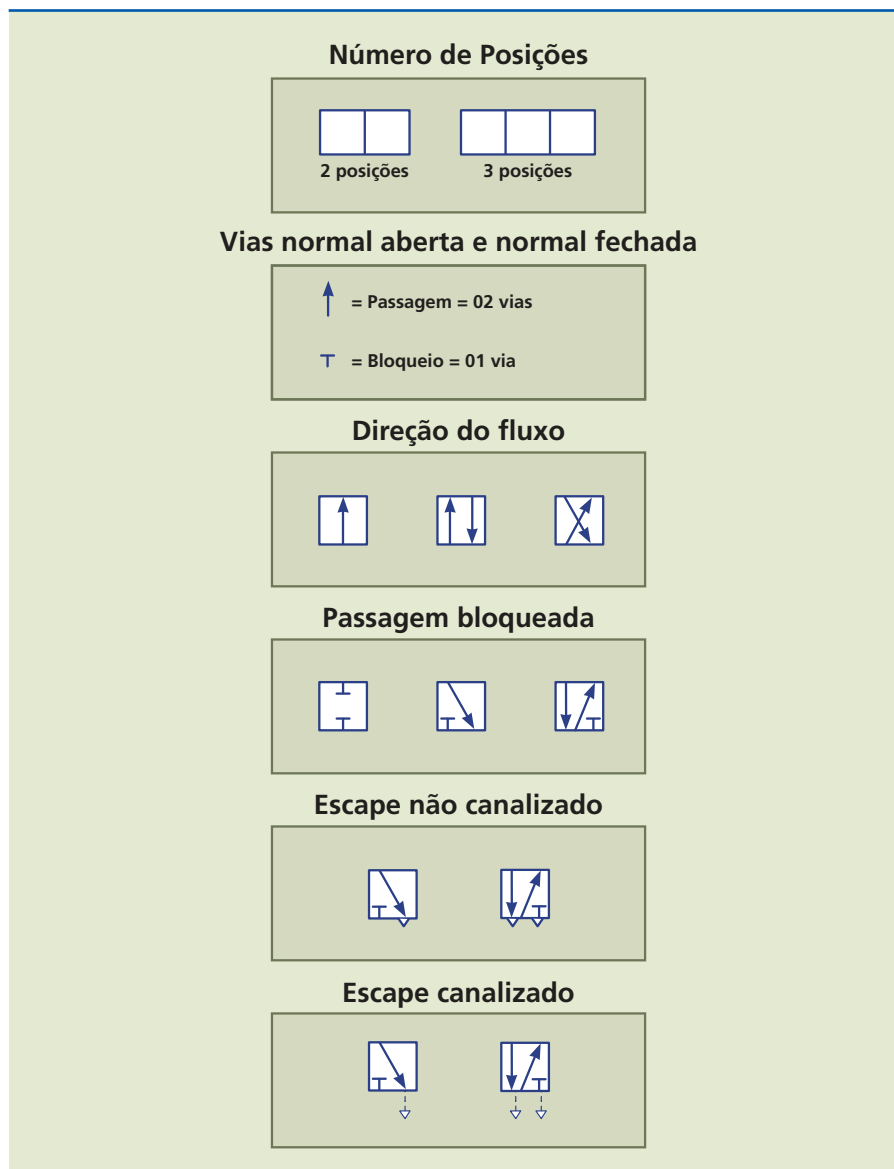


Figura 5.27

Simbologia para as válvulas direcionais.

Número de vias

As vias das válvulas direcionais são as posições possíveis de conexão com as tubulações provenientes do circuito.

São representadas externamente por traços contínuos, nos quais fisicamente, são conectadas às mangueiras de ar comprimido.

Internamente, as setas representam a direção e o caminho que o ar irá seguir (ver exemplos nas figuras 5.28, 5.29 e 5.30).

Figura 5.28
Exemplos de válvulas direcionais.

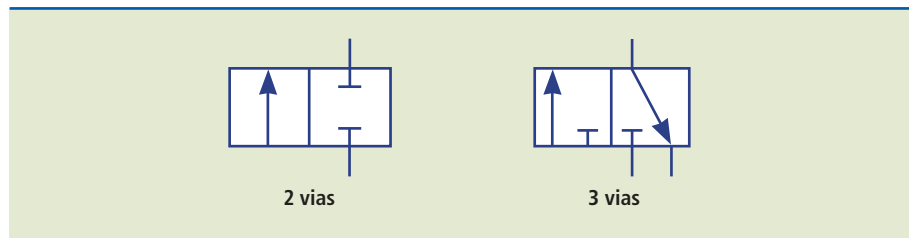


Figura 5.29
Identificação dos orifícios das válvulas conforme norma ISO 1219.

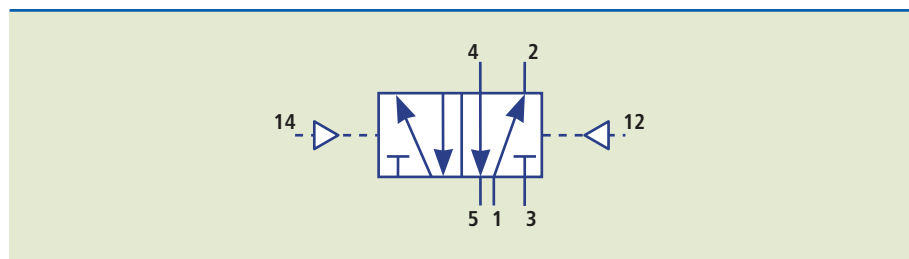
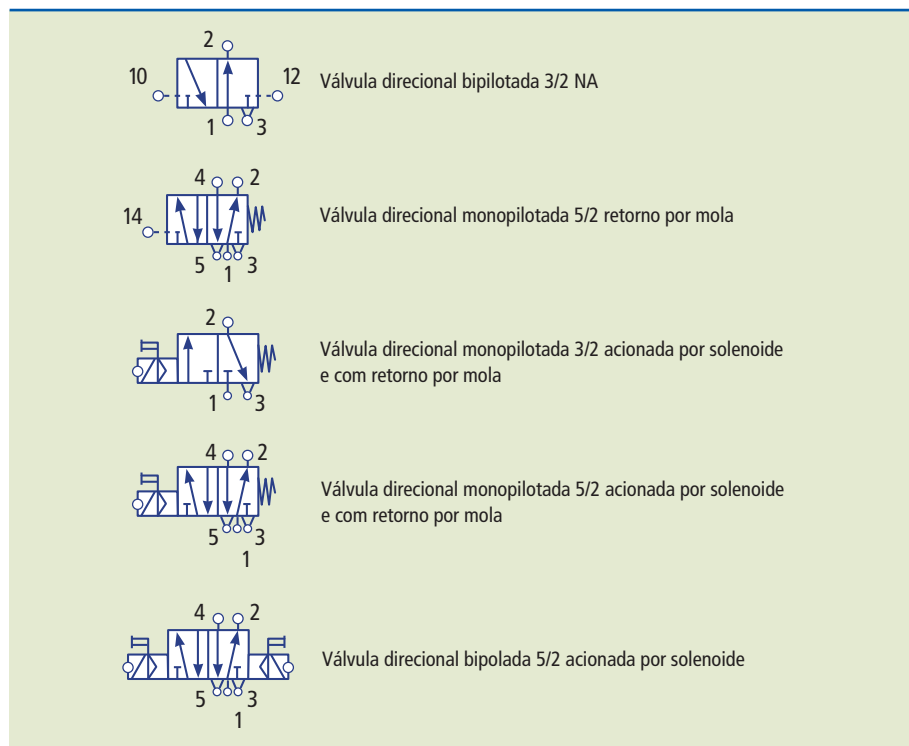


Figura 5.30
Exemplos de válvulas direcionais.



5.9.2 Comandos das válvulas direcionais

As válvulas direcionais são comandadas por sinais elétricos ou mecânicos. A seguir, alguns dos tipos de comandos encontrados atualmente.

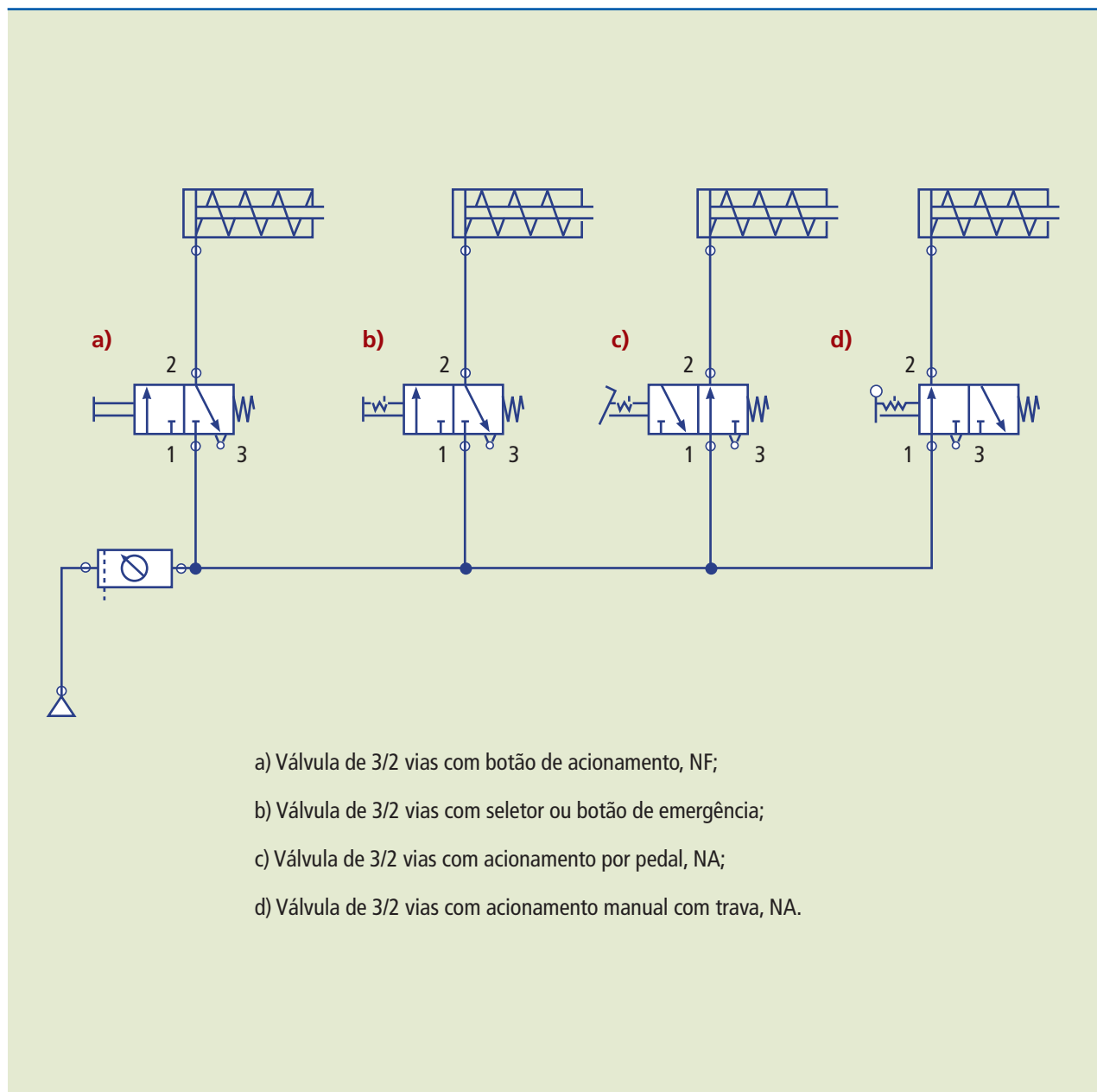
Acionamento de atuadores pneumáticos

As válvulas pneumáticas são responsáveis por promover o acionamento de atuadores, cilindros e motores pneumáticos. Esse acionamento pode ser feito de várias formas como veremos a seguir.

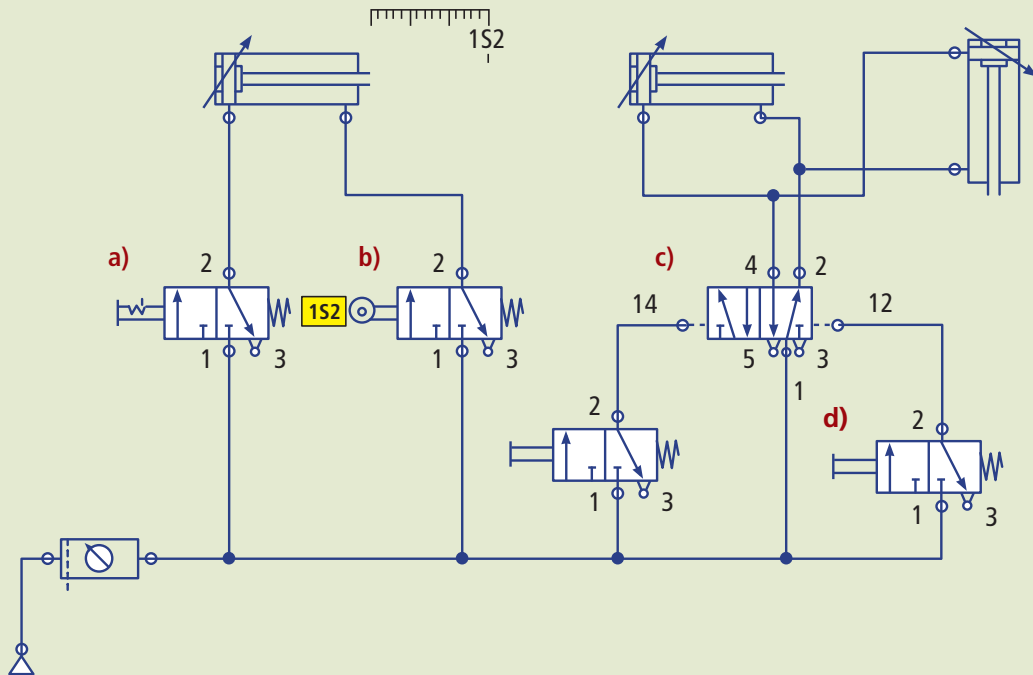
Acionamento de atuadores pneumáticos de ação simples

Figura 5.31

Exemplos de acionamentos de atuadores pneumáticos simples.



Acionamento de atuadores pneumáticos de ação dupla



- a) Válvula de 3/2 vias com seletor ou botão de emergência;
- b) Válvula de rolete de 3/2 vias, normalmente fechada;
- c) Válvula de impulso de 5/2 vias, acionamento pneumático;
- d) Válvula de 3/2 vias com botão de acionamento, normalmente fechada.

Figura 5.32

Exemplos de acionamentos pneumáticos de ação dupla.

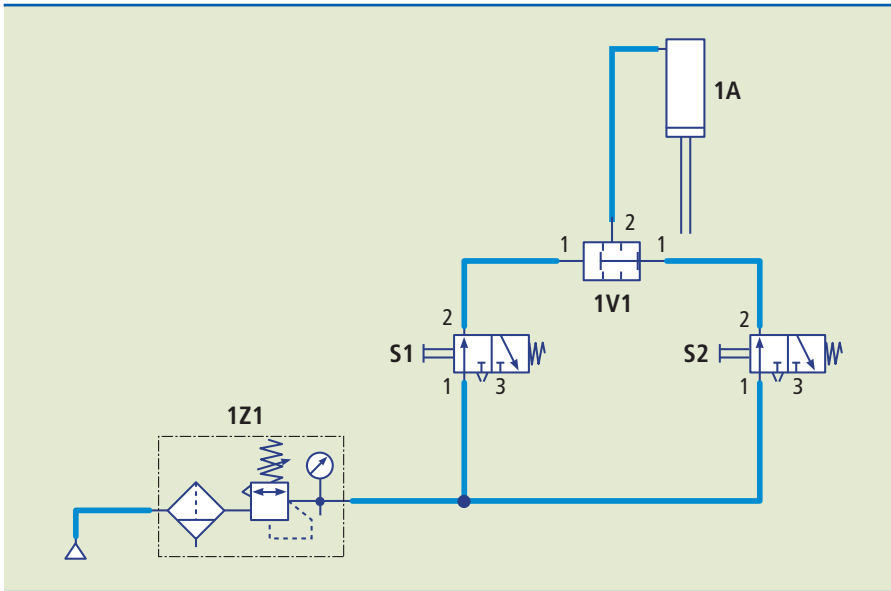
5.10 Circuitos pneumáticos práticos

Exercícios treinamento FESTO

1. Circuito pneumático de uma prensa.

Solução:

A figura 5.33 indica um circuito pneumático de uma prensa simples.

**Figura 5.33**

Circuito pneumático de uma prensa.

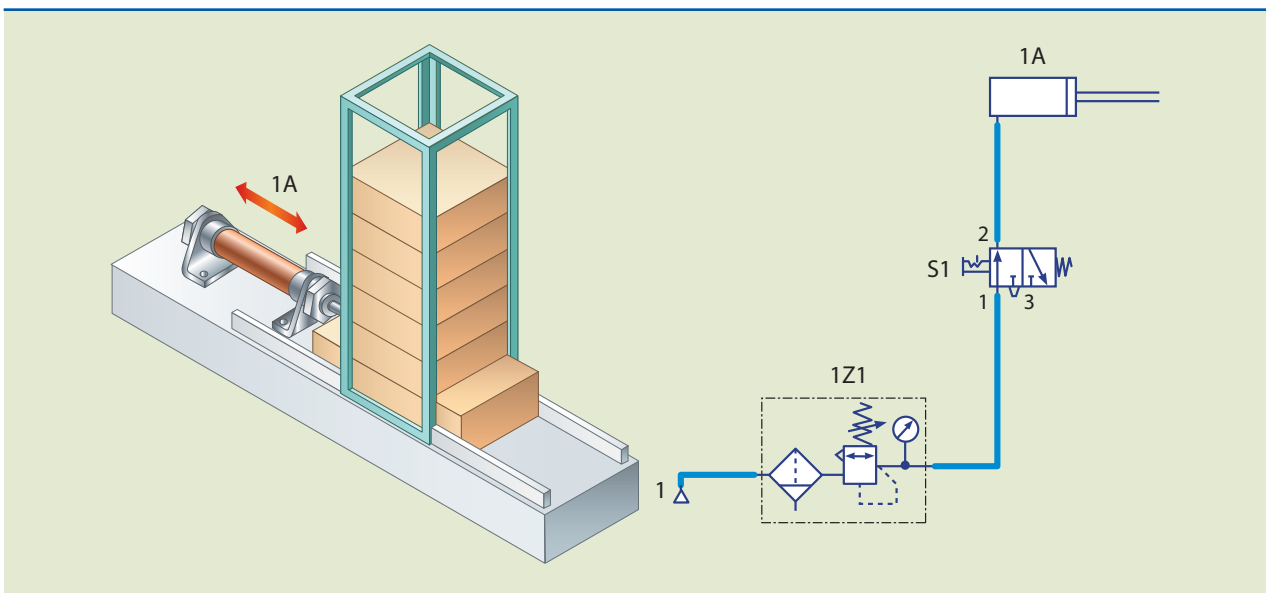
2. A figura 5.34 representa um dispositivo de alimentação de peças. O funcionamento do dispositivo ocorre com o avanço de um atuador de simples ação que desloca as peças para dentro de um sistema, retornando, em seguida, à sua posição inicial para nova alimentação.

O avanço do atuador ocorre pelo acionamento de um botão; e o retorno, pelo desacionamento do botão.

Solução:

Figura 5.34

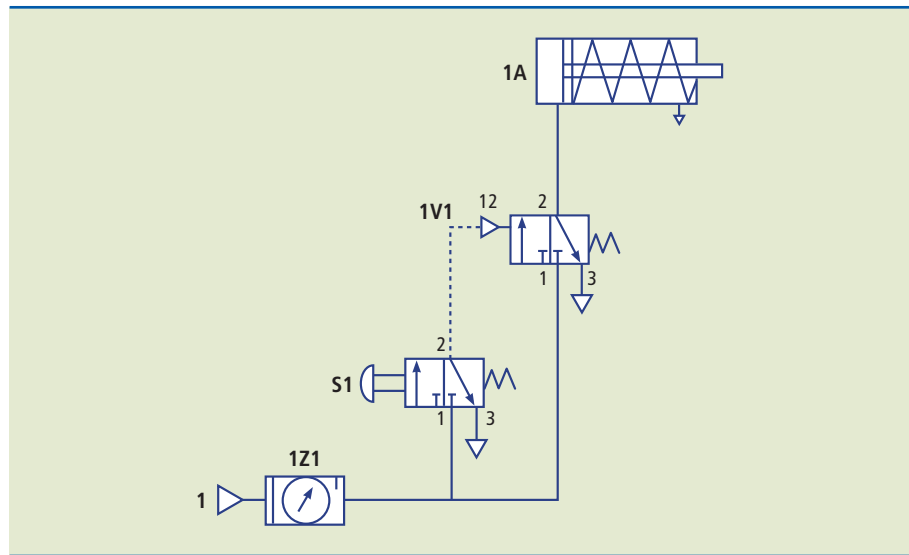
Representação do dispositivo e seu circuito pneumático.



3. Acionamento de cilindro de simples ação com uso de válvula direcional 3/2 NF com piloto positivo e com retorno por mola, através de um botão de acionamento 3/2 normal fechado (figura 5.35).

Solução:

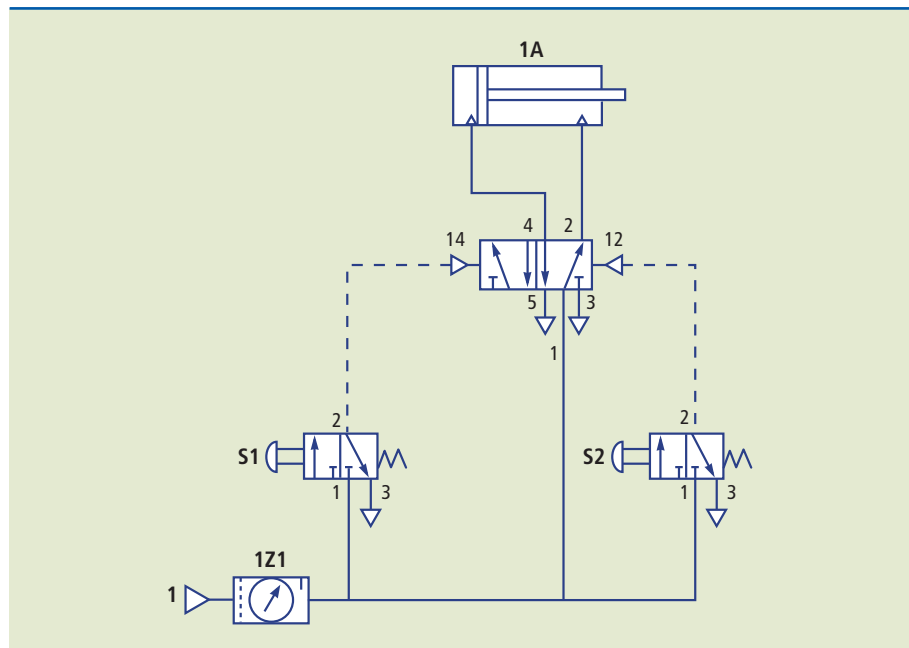
Figura 5.35
Esquema do circuito
pneumático.



4. Acionamento de cilindro de dupla ação com uso de válvula direcional 5/2, bipilotada (pilotos positivos), através de dois botões de acionamento 3/2 NF para o avanço e recuo do atuador (ver circuito pneumático na figura 5.36).

Solução:

Figura 5.36
Circuito pneumático.



5. Acionamento de cilindro de simples ação com uso de válvula direcional 3/2 vias monopilotada (piloto positivo), através de dois botões de acionamento 3/2 vias NF para o avanço do atuador, com o uso do elemento “E” (confirmação de sinal). (Ver figura 5.37.)

Solução:

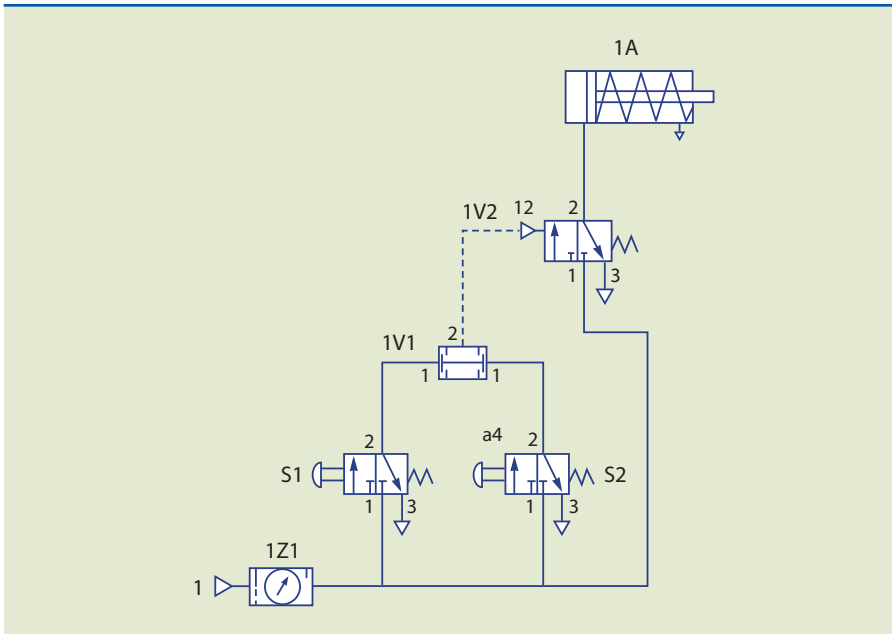


Figura 5.37

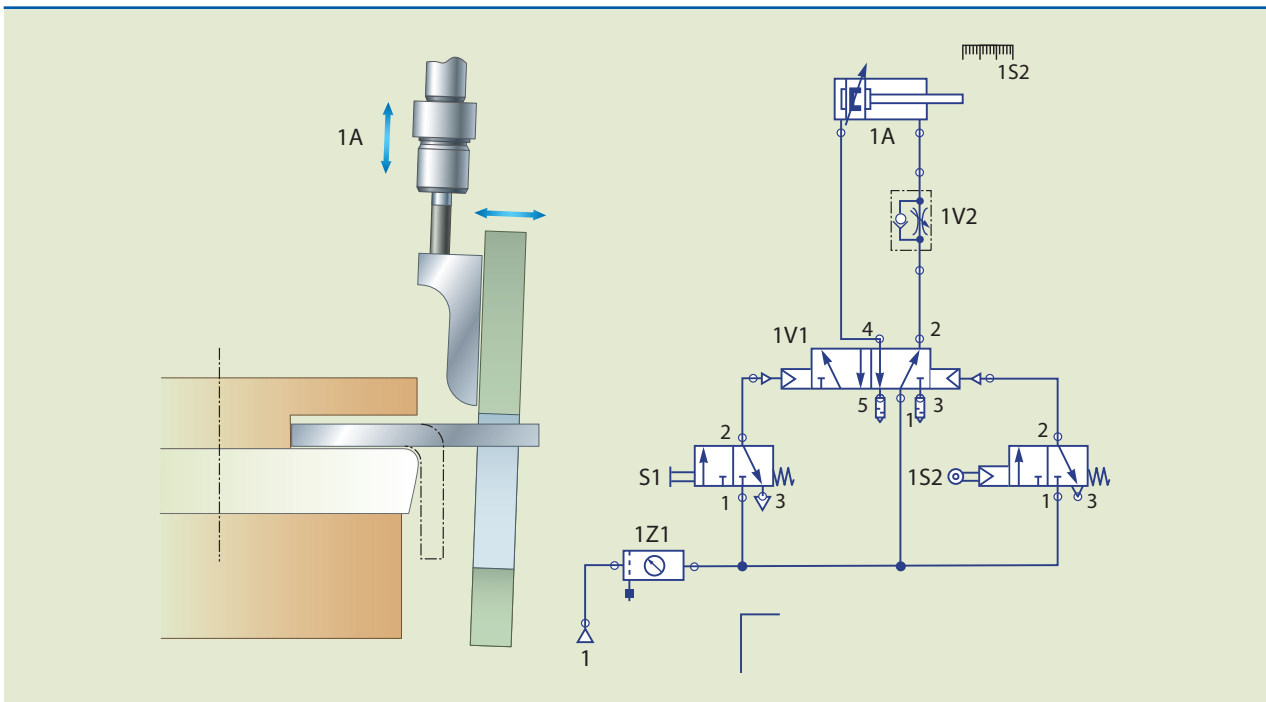
Circuito pneumático.

6. Um dobrador de chapas (figura 5.38) utiliza um atuador de dupla ação que dobra a chapa para baixo ao avançar, retornando em seguida automaticamente a sua posição inicial. O avanço do atuador é realizado com o acionamento de um botão S1. Elaborar o circuito pneumático para esse dispositivo.

Solução:

Figura 5.38

Representação do dispositivo e seu circuito pneumático.



7. A peça sob o magazine vertical é empurrada pelo atuador **1A** para o sistema basculante que gira 90° através do atuador **2A**, para então seguir pela esteira de roletes (veja figura 5.39). Na sequência, retorna o pistão **1A** e depois avança o pistão **2A**. Desenvolver o diagrama trajeto passo e o circuito pneumático para o dispositivo.

Figura 5.39
Dispositivo e diagrama de trajeto passo.

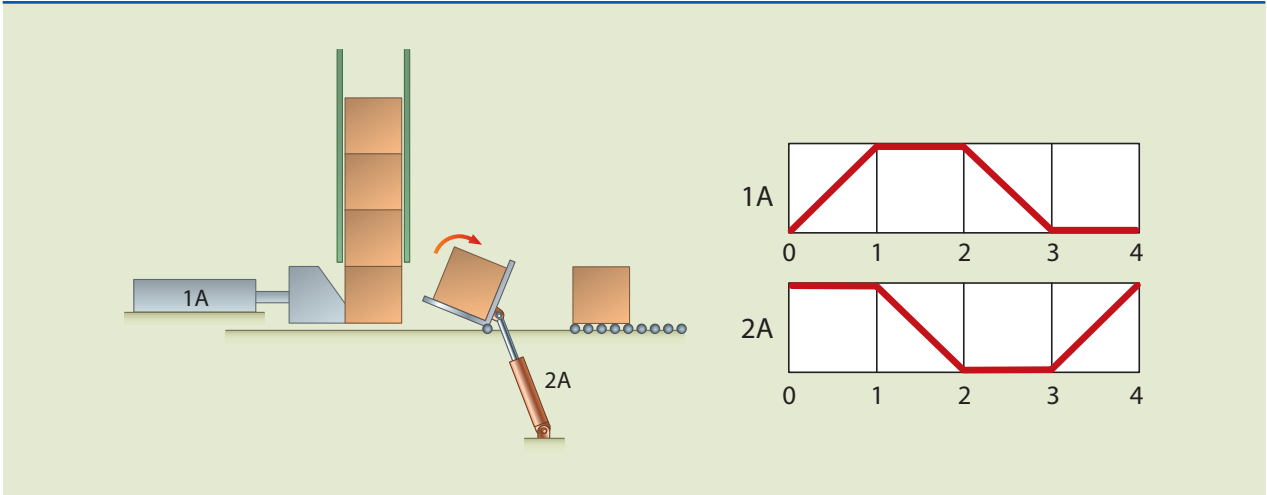
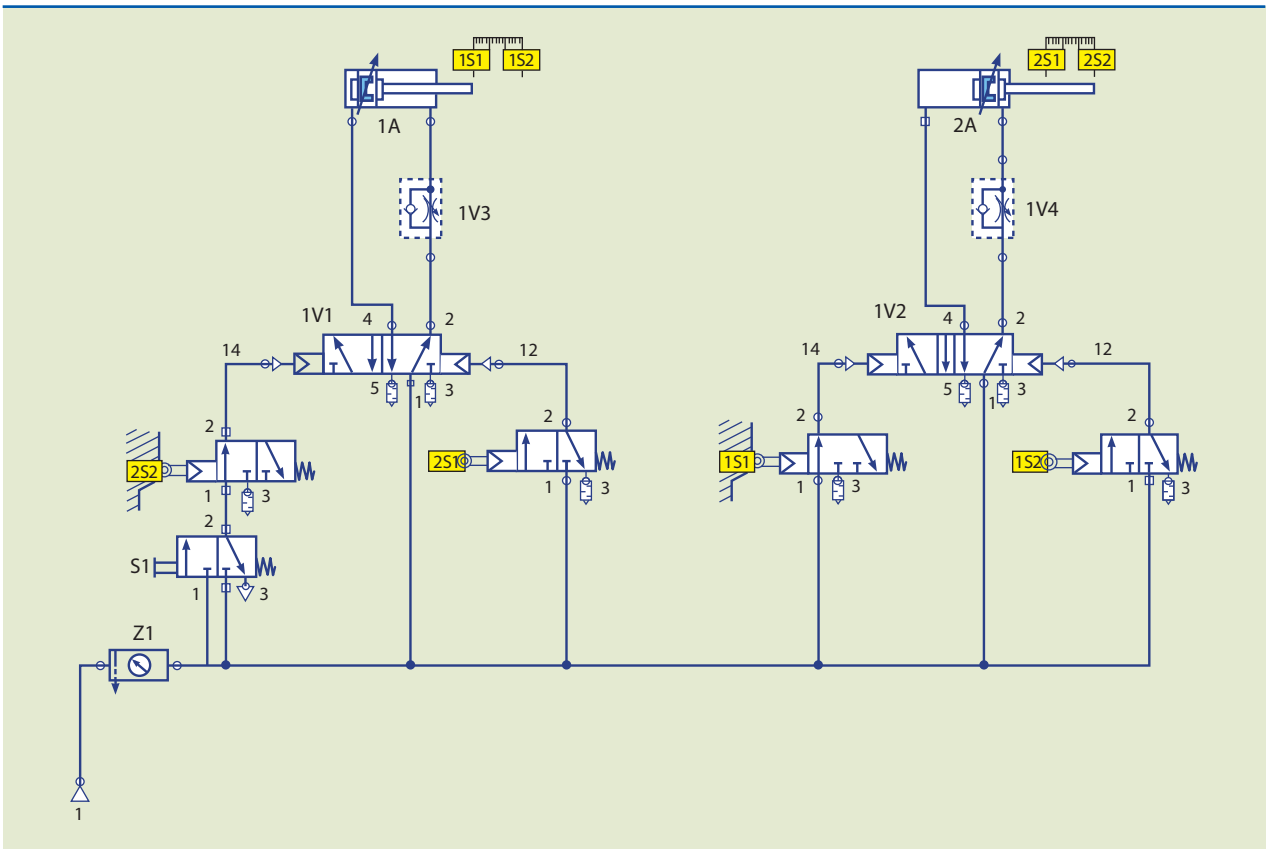


Figura 5.40
Circuito pneumático.

Solução:



8. Uma fábrica de brinquedos possui um dispositivo (figura 5.41) que executa automaticamente o estampo em placas de aço, funcionando com um atuador de dupla ação que deve avançar por meio do acionamento simultâneo de dois botões (S_1 e S_2), deslocando o estampador até a placa, permanecendo nessa posição por 10 segundos e retornando em seguida à sua posição inicial, mesmo que o operador continue com os botões acionados. Elaborar o circuito pneumático para esse dispositivo.

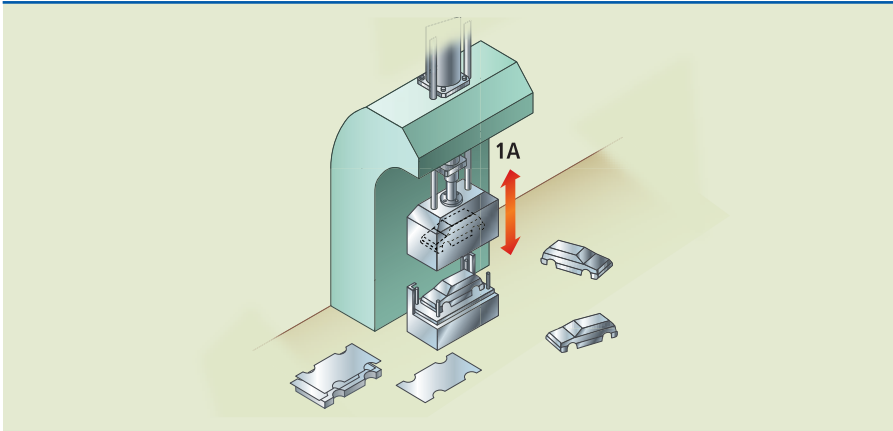


Figura 5.41
Dispositivo.

Solução:

Figura 5.42
Circuito pneumático.

