

Atuadores

Aula 10 - Hidráulica Industrial

Apresentação

Nesta aula, vamos introduzir os conceitos básicos para a compreensão da hidráulica industrial. Para isso, serão apresentados os conceitos de vazão e pressão, bem como os devidos princípios que regem essas forças. Posteriormente, será descrito o funcionamento dos componentes principais dos sistemas hidráulicos industriais.

Objetivos

- Apresentar os conceitos presentes na hidráulica industrial.
- Descrever os princípios de Pascal e da conservação de energia.
- Compreender o comportamento de fluidos, e conhecer elementos do sistema hidráulico industrial.
- Dimensionar uma mangueira para sistema hidráulico.
- Identificar cada válvula e sua simbologia.
- Apresentar os principais circuitos hidráulicos industriais.

Hidráulica

A hidráulica é a ciência que estuda o comportamento dos fluidos sob pressão, seu termo é derivado do grego *hidro* e tem o significado de água. A hidráulica é uma das quatro áreas utilizadas para transmissão de energia, vamos lembrar essas áreas:

- Mecânica
- Elétrica
- Eletrônica
- Hidráulica
- Pneumática

Para o bom entendimento da transmissão de energia usando a hidráulica, é necessário lembrar alguns conceitos importantes, vejamos.

1. Força (energia) – qualquer coisa capaz de produzir alteração de movimento em um corpo, sua unidade é o Newton (N).
2. Resistência – é a força que se opõe ao movimento de um corpo. Como exemplo, temos o atrito e a inércia.
3. Trabalho – é a força causada pelo movimento em um corpo, sua unidade no sistema internacional é o Newton/metro (N.m).
4. Potência – é a energia usada para o movimento do corpo em determinado tempo, sua unidade no sistema internacional é o Newton/metro por segundo (N.m/s).

Alguns conceitos novos serão introduzidos, os quais serão mais específicos para a área da hidráulica, vejamos a seguir:

Pressão

A pressão é a força exercida em determinada área, sua unidade no sistema internacional é o Newton/metro ao quadrado (N/m²) (ou Pascal "Pa"), mas é comumente encontrada em instrumentos usados na hidráulica industrial como Kg.f/cm² (quilograma-força por centímetro quadrado), bar ou psi (libra força por polegada ao quadrado).

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\text{newton}}{\text{metro}^2} \text{ ou } Pa$$

Por exemplo, se tivermos um corpo retangular sobre uma superfície, como mostrado na **Figura 1**, é fácil perceber após uma análise da imagem que o corpo com maior pressão possui a menor área de contato (Esquema B).

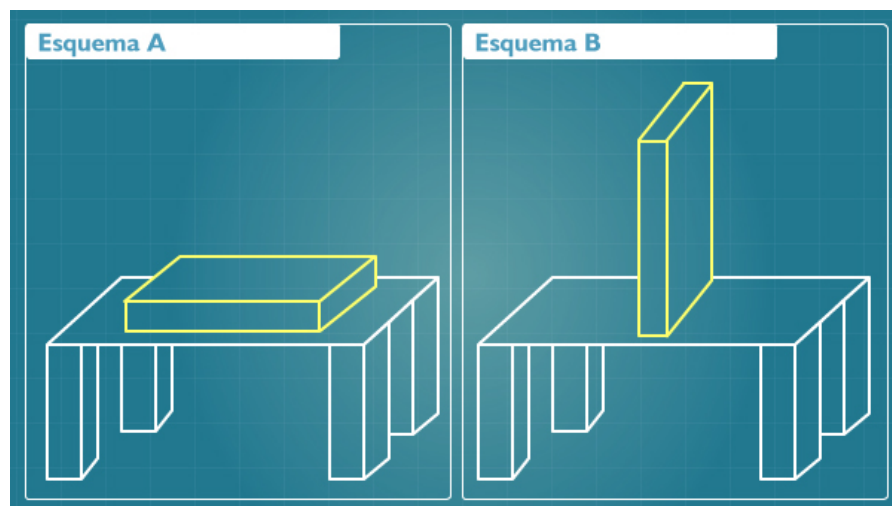


Figura 1 - Dois corpos iguais sobre a mesma superfície.

O conceito de pressão é muito importante para entendermos a transmissão de energia utilizando hidráulica.

Princípio de Pascal

Blaise Pascal foi um matemático francês (1623-1662) com várias contribuições relevantes para a ciência, entre elas está o Princípio de Pascal, o qual afirma que, após um fluido em equilíbrio receber uma

pressão em um recipiente, ele a distribuirá de modo uniforme para todas as direções. Na **Figura 2**, exemplificamos com uma experiência simples esse princípio.

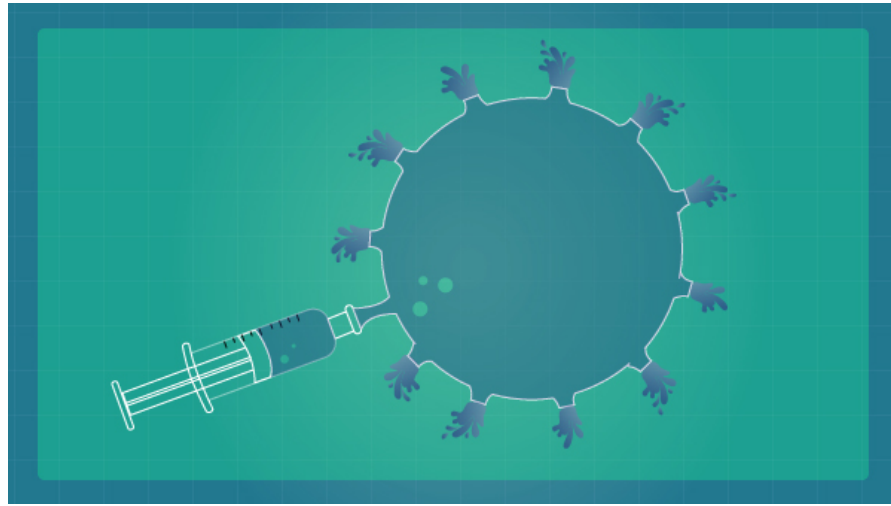


Figura 2 - Princípio de Pascal.

Fonte: <http://3219a2.medialib.glogster.com/hidrostatica-pascal-jpg>. Acesso em: 21 maio 2015

Conservação de energia

O princípio de conservação da energia afirma que, em um sistema isolado, a energia total do sistema permanece sempre constante. Para sistemas hidráulicos industriais, os sistemas são considerados isolados, portanto, toda energia gerada a partir do deslocamento do fluido é conservada ao longo de todo o sistema. Assim, baseados no princípio de Pascal, podemos afirmar que:

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

A prensa hidráulica ilustrada na **Figura 3** mostra uma aplicação na hidráulica industrial utilizando a fórmula anterior.

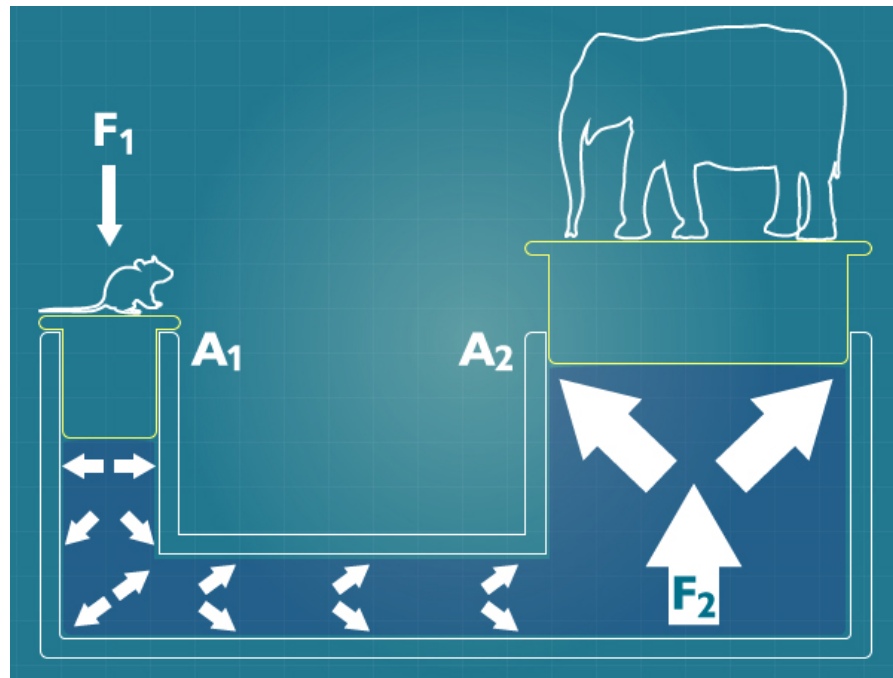


Figura 3 - Conservação de energia na prensa hidráulica.

Fonte: <http://www.artinaid.com/wp-content/uploads/2013/05/Principio-Pascal.png>.
Acesso em: 21 maio 2015

Vamos exemplificar melhor, tendo como referência a Figura 3 se tivermos uma pessoa com 70 Kg na plataforma 1 (F_1), sabendo que as áreas das plataformas 1 e 2 são, respectivamente, 1 m^2 e 10 m^2 , qual o peso que poderá ser erguido na plataforma 2? Considere para os cálculos a aceleração da gravidade $g = m/s^2$. Assim, temos:

Inicialmente, transformamos o peso em força,

$$F_1 = 70Kg \cdot 10m/s^2 = 700N$$

Substituindo na fórmula da conservação de energia para a prensa hidráulica, temos:

$$\frac{700N}{1m^2} = \frac{F_2}{10m^2} \rightarrow F_2 = 7000N \rightarrow \text{peso} = \frac{F_2}{g} = \frac{7000}{10} = 700Kg$$

Portando, a plataforma 2 poderá erguer um peso de 700 Kg. Perceba que é um peso 10 vezes maior que o colocado na plataforma 1 e é exatamente a relação das áreas das plataformas. Dessa maneira, podemos dizer que:

$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

A razão entre as áreas e as forças é diretamente proporcional. Para o exemplo anterior, se $A_2 = 5\text{m}^2$, então o valor de seria $F_2 = 3500\text{N}$ e o peso suportado seria de 350 Kg.

Vamos mostrar mais um exemplo, vamos descobrir qual seria a área da plataforma 2 para fosse possível, assim como sugere a Figura 3, erguer um elefante com o peso de um rato. Considerando que um rato pesa algo em torno de 0,3 Kg (macho) e um elefante pesa 10.000 Kg (macho adulto), e que a plataforma do rato tem 0,2 m^2 , temos: ($g = 10\text{m/s}^2$).

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow \frac{0,3 \cdot 10}{0,2} = \frac{10000 \cdot 10}{A_2} \rightarrow A_2 = 6666,67\text{m}^2$$

Desse modo, precisamos de uma plataforma do tamanho aproximado ao de um campo de futebol (padrão FIFA).

Ainda precisamos conhecer uma informação importante sobre a prensa hidráulica, qual será o deslocamento de uma plataforma em relação à outra? Para isso, observe a **Figura 4** a seguir.

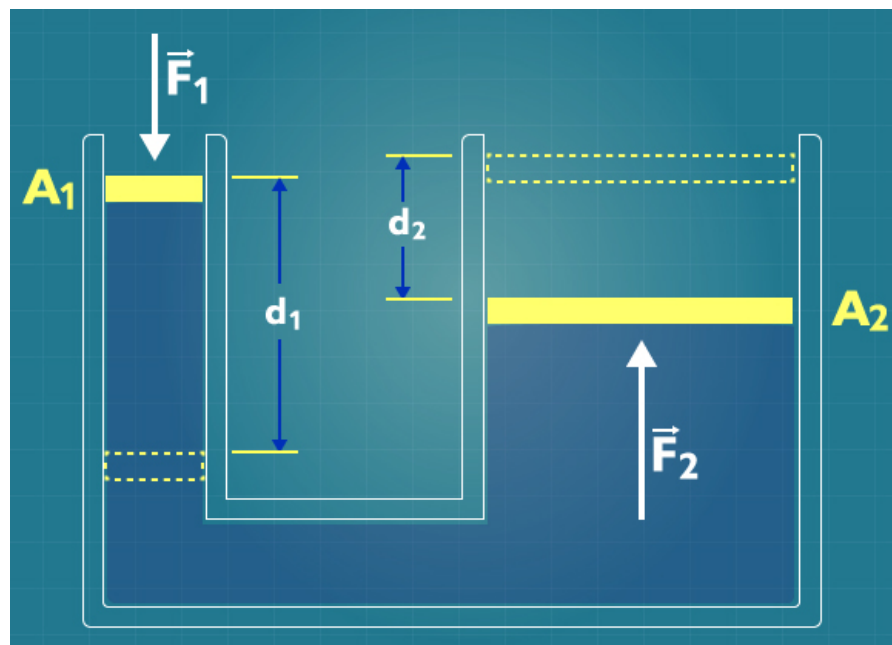


Figura 4 - Prensa hidráulica.

Perceba que estamos tratando de conservação de energia e também foi falado, inicialmente, que o sistema é fechado, portanto, o fluido permanece no sistema. Então, o deslocamento acontecerá em função da área da plataforma e dá distância em um dos lados, assim:

$$A_1 d_1 = A_2 d_2 \rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

Agora, estamos tratando de uma relação inversamente proporcional, pois à medida que a área da plataforma 2 aumenta, teremos um deslocamento cada vez menor da sua plataforma. Se no exemplo mostrado inicialmente para as duas pessoas tivermos um deslocamento $d_1 = 20\text{cm}$, então, teremos:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{d_2}{d_1} \rightarrow \frac{1\text{m}^2}{10\text{m}^2} = \frac{d_2}{20\text{cm}} \rightarrow d_2 = 2\text{cm}$$

Desse modo, vemos que o deslocamento da plataforma 2 é dez vezes menor que o deslocamento da plataforma 1. Portanto, há uma relação inversamente proporcional ao seu tamanho que é 10 vezes maior.

Atividade 01

1. Faça uma breve pesquisa sobre os vasos comunicantes e, em seguida, elabore um resumo analisando suas diferenças com relação ao sistema da prensa hidráulica.

Líquidos

Para entender bem como é feita a transmissão através de líquido, precisamos compreender primeiro como se comporta o responsável por essa transmissão. Os líquidos são constituídos por moléculas, um bem conhecido nosso é a água, sua molécula é o H_2O . Diferentes dos gases, essas moléculas estão bem próximas, mas não tão próximas como as dos sólidos. Entender essas características de ligação de moléculas de sólidos, líquidos e gases não é o objetivo desse curso, apenas precisamos entender que a diferença está na sua ligação molecular.

Nos líquidos, essas moléculas estão sempre em movimento, até mesmo quando o líquido se encontra em repouso. Esse movimento das moléculas é o que chamamos de energia molecular e é muito importante para caracterizar o tipo de líquido. Outra característica importante

associada ao movimento das moléculas é que os líquidos podem assumir qualquer forma, perceba que estes sempre assumem a forma do recipiente em que se encontram.

Mas a principal característica que torna o líquido importante na transmissão de energia é o fato de ele ser incompressível. Essa capacidade garante que quando submetemos um líquido a uma determinada força dentro de um sistema, esta será propagada para as demais moléculas a fim de se obter o movimento. Para entender todo esse processo, analise, mais uma vez, o exemplo mostrado na **Figura 3**, da prensa hidráulica, veja que o movimento em uma das plataformas interfere diretamente na outra plataforma associada ao sistema.

Vazão

A vazão é um conceito, de certa forma, novo, mas muito importante para compreender a hidráulica industrial. Quando falo "de certa forma"; é porque já conhecemos a vazão, mesmo que não associada a líquidos. Observe, a seguir, a **Figura 5**.

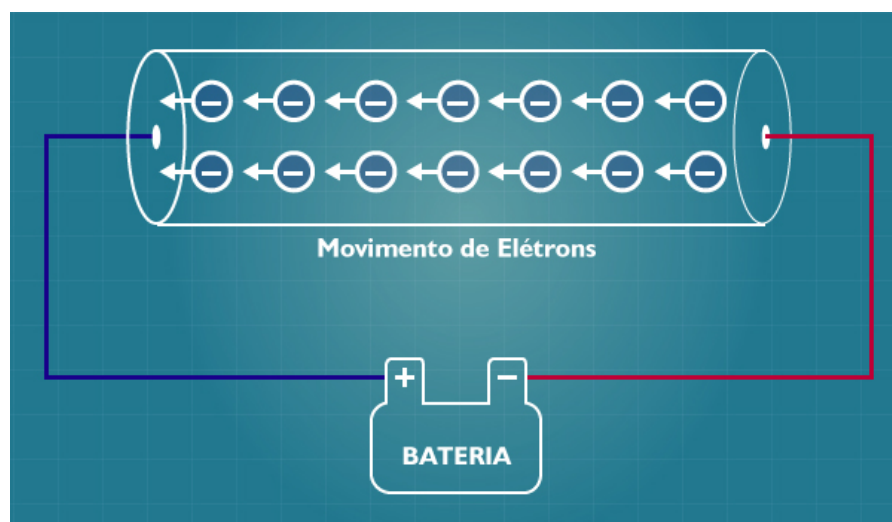


Figura 5 - Movimento de elétrons em um fio metálico.

Da mesma maneira, quando definimos a corrente elétrica, como a quantidade de elétrons que passam em determinada área em uma unidade de tempo, a vazão nada mais é que o mesmo fluxo associado ao movimento de líquido em uma tubulação.

Vale ressaltar que trataremos da vazão volumétrica, pois é pertinente para o assunto tratado nesta disciplina. Podemos defini-la, matematicamente, como:

$$q = \frac{\text{volume}}{\text{tempo}} \text{ ou } q = \text{area} \times \text{velocidade}$$

Sua unidade no sistema internacional é o m^3/s , mas é facilmente encontrada em vários instrumentos de medição como:

- m^3/h , por exemplo, no medidor de água (hidrômetro) da sua casa;
- l/h equipamento para medição de grandes volumes;
- gal/h , ft^3/min e in^3/s que são suas unidades no sistema inglês.

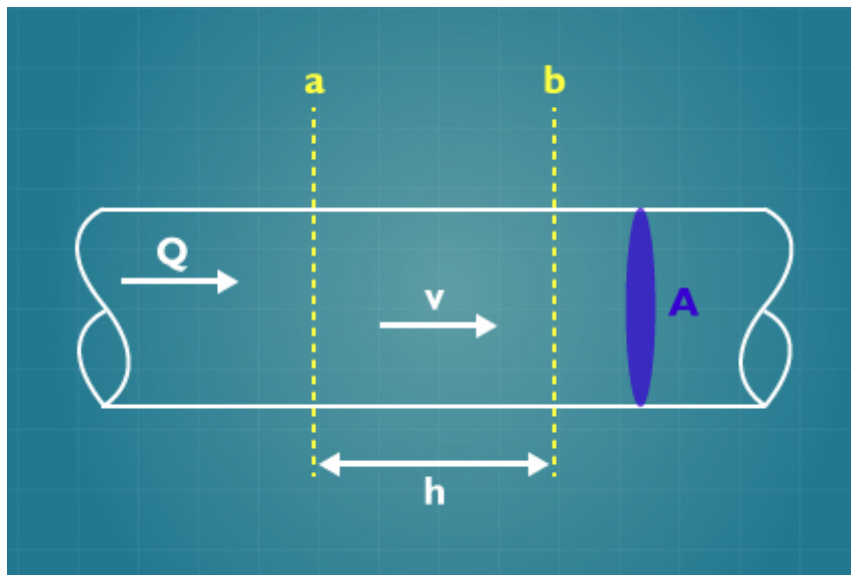


Figura 6 - Vazão descrita em uma tubulação.

Fluido Hidráulico

O fluido hidráulico é o elemento utilizado para transmissão de movimento nos sistemas hidráulicos industriais. Você pode estar se perguntando: Mas por que não utilizamos água que também é um fluido, é barato e encontrado facilmente? O problema principal é que os sistemas são em sua maioria compostos por válvulas, engrenagens e acoplamentos

mecânicos. Desse modo, precisamos da lubrificação adequada para o seu perfeito funcionamento, bem como a proteção contra a corrosão, pois são metálicos.

Assim, os fluidos utilizados são responsáveis não somente pela transmissão de energia, mas também pela lubrificação, resfriamento, vedação e proteção contra corrosão. Os fluidos mais utilizados são à base de petróleo. Se você já teve contato com um carro, basta se lembrar do fluido usado na lubrificação do carro, o fluido do freio, o fluido para resfriamento usado no radiador e o fluido da direção hidráulica. A escolha do fluido correto é muito importante, pois este está diretamente ligado à vida útil do seu sistema.

Atividade 02

1. Elabore um breve resumo dos principais fluidos utilizados em sistemas hidráulicos industriais e suas características.

Reservatório Hidráulico

De acordo com Parker Hannifin Corporation (1999), o reservatório hidráulico está presente em todos os sistemas hidráulicos existentes, ele tem como principal característica armazenar o fluido, mas também deve ser capaz de:

- armazenar, no mínimo, o fluido 3 vezes a vazão de bombeamento por minuto;
- possuir volume de expansão de, no mínimo, 10% da capacidade de armazenamento do fluido;
- apresentar filtro de respiro;
- ter bocal de abastecimento com filtro;
- armazenar o fluido;
- permitir a inspeção do fluido;
- separar contaminantes sólidos;

- dissipar calor do fluido;
- separar o ar do fluido;
- absorver a expansão térmica do fluido;
- permitir a montagem de componentes.

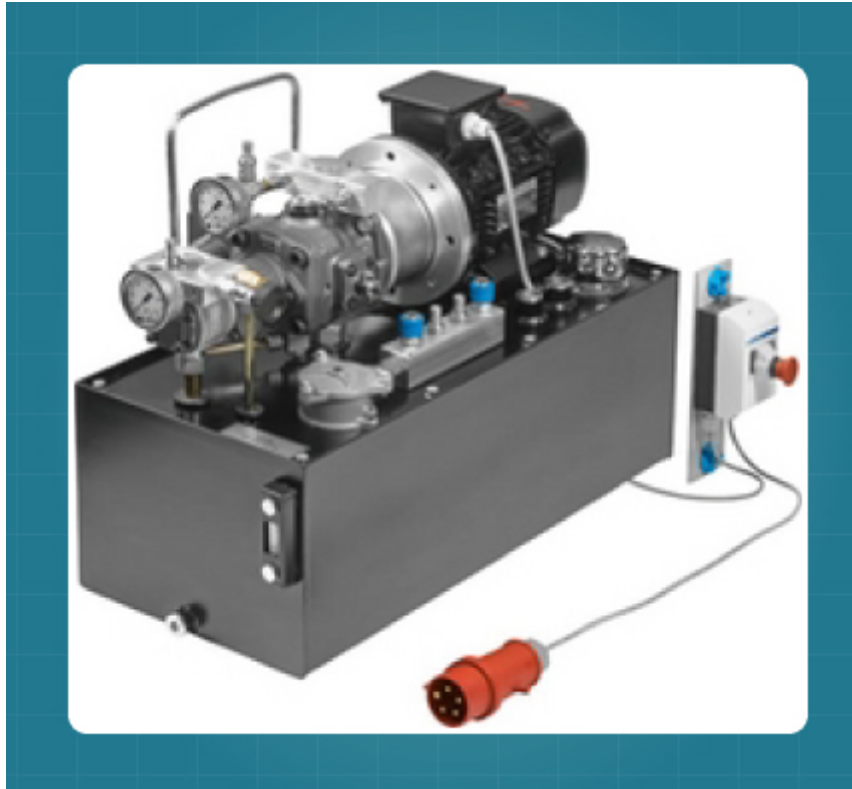


Figura 7 - Unidade de energia hidráulica da Festo.

Fonte: <http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/0987927001315832309.jpg>. Acesso em: 21 maio 2015.

Os reservatórios hidráulicos podem ser de três tipos: convencionais, em L e suspenso. Na **Figura 8**, podemos observar esses tipos de reservatórios.

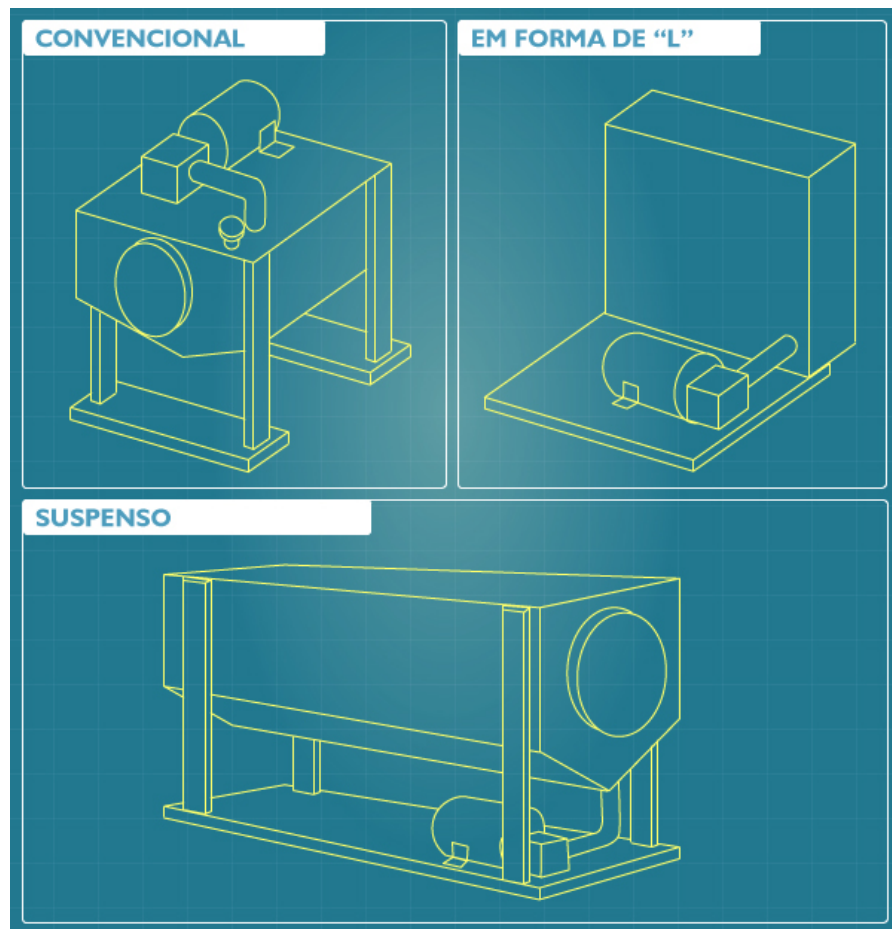


Figura 8 - Tipos de reservatórios.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Filtros Hidráulicos

Os filtros hidráulicos são responsáveis por eliminar todos os resíduos que podem contaminar o fluido existente no sistema. A grande maioria dos problemas no sistema ocorre devido a uma má filtração do fluido, que deixa passar resíduos para as válvulas e outros componentes do sistema, aumentando o desgaste e causando falhas indesejáveis para um bom funcionamento.



Figura 9 - Filtro hidráulico da Festo.

Fonte: http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/d548609c_3_280.jpg. Acesso em: 21 maio 2015

A Parker Hannifin Corporation (1999) lista os principais problemas causados nos sistemas, vejamos.

- Há interferência com a transmissão de energia vedando pequenos orifícios nos componentes hidráulicos. Nessa condição, a ação das válvulas é imprevisível, improdutiva e também insegura.
- As partículas contaminantes interferem no resfriamento do líquido, por formar um sedimento que torna difícil a transferência de calor para as paredes do reservatório.
- Provavelmente, o maior problema com a contaminação num sistema hidráulico é que ela interfere na lubrificação. A falta de lubrificação causa desgaste excessivo, resposta lenta, operações não sequenciadas, queima da bobina do solenoide e falha prematura do componente.

Resfriadores (trocadores de calor)

Os resfriadores são elementos importantes para manter as características dos fluidos no sistema. Devido às curvas e válvulas presentes no sistema é comum que haja o aquecimento do líquido, tendo em vista que ele gasta mais energia por causa da colisão de suas moléculas ao passar pelos elementos do sistema. Os resfriadores são mais empregados em sistemas nos quais o reservatório não é suficiente para manter a temperatura normal do fluido. Geralmente, esses resfriadores são à base de ar ou de água, sendo o primeiro apenas utilizado onde não se pode usar a água.

Esses trocadores de calor devem ser sempre posicionados na linha de retorno do sistema ou de seus respectivos drenos. Assim, esse aparelho é interligado ao sistema utilizando uma válvula de retenção (veremos na próxima aula) para garantir que não haja interferência na pressão do sistema. Perceba que esse conceito é novo, pois em pneumática não precisávamos de um circuito de retorno, o ar era apenas filtrado e descartado no meio ambiente. Por isso, não havia aquecimento, pois o ar não circulava no sistema.

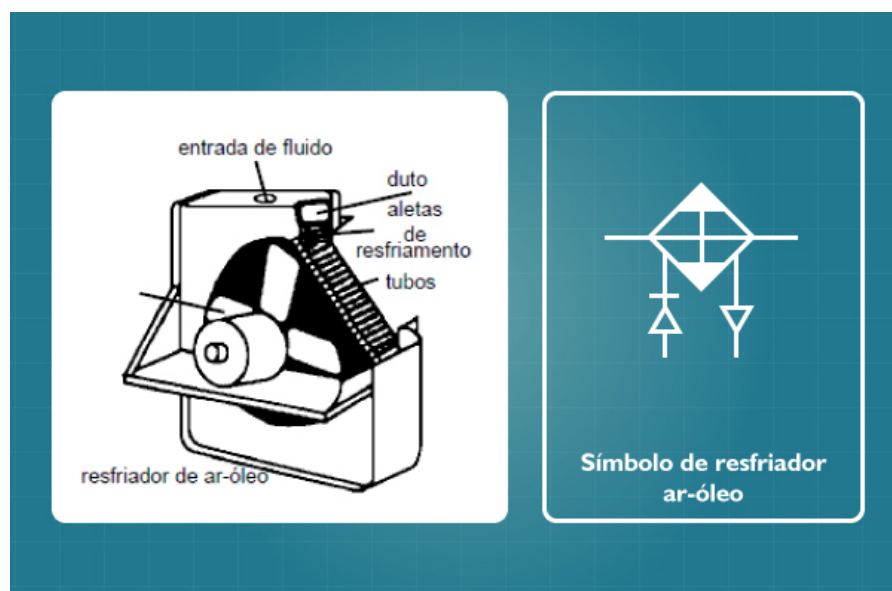


Figura 10 - Resfriadores de ar.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

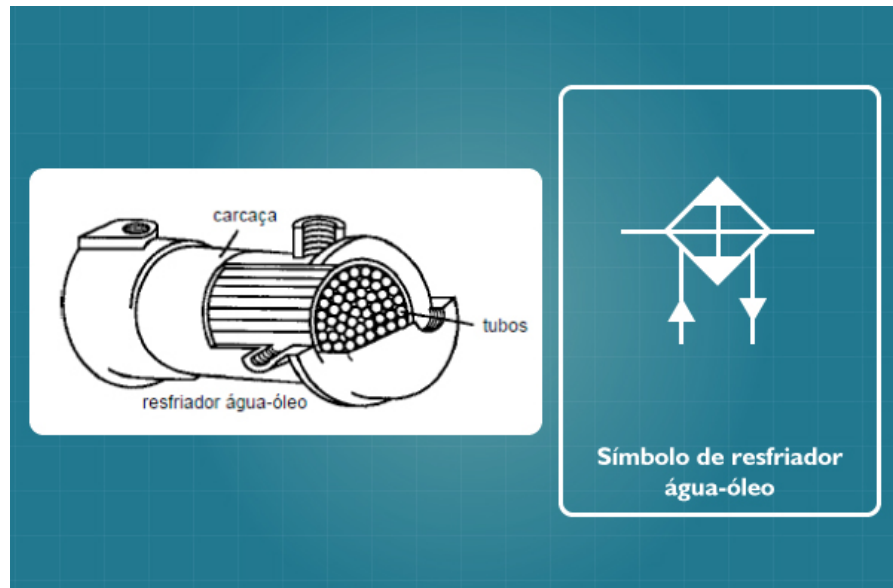


Figura 11 - Resfriadores à base de água.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Mangueiras

Nesta aula, falaremos de mais alguns elementos dos sistemas hidráulicos industriais, mostrando como dimensionar as mangueiras, os tipos de válvulas, suas utilizações, os seus respectivos símbolos e os principais circuitos onde elas são empregadas.

- Capacidade de pressão dinâmica e estática de trabalho.
- Temperatura mínima e máxima de trabalho.
- Compatibilidade química com o fluido a ser conduzido.
- Resistência ao meio ambiente de trabalho contra a ação do ozônio (O₃), raio ultravioleta, calor irradiante, chama viva, etc.
- Vida útil das mangueiras em condições dinâmicas de trabalho (impulse-test).
- Raio mínimo de curvatura.

Assim como os cabos e os fios, as mangueiras também são determinadas devido sua vazão (no caso dos fios a corrente, que também é uma vazão). Para determinar o diâmetro interno da mangueira, usamos

a seguinte formula:

$$D = \sqrt{\frac{Q \times 0.4081}{V}}$$

Onde D é o diâmetro da mangueira em polegadas (*in*), Q é a vazão em galões por minuto (*GPM*) e V é velocidade em pés por segundo (*ft/s*).

Em geral, não existem mangueiras com todo tipo de diâmetro, então a forma correta de calcular é obter o diâmetro teórico da mangueira e depois ajustar para o diâmetro real, sempre escolhendo a mangueira com o diâmetro mais próximo acima do calculado de acordo com o fabricante escolhido disponibilizar.

Válvulas

As válvulas são elementos de vital importância no sistema hidráulico, elas são responsáveis por todo controle do sistema, a sua funcionalidade já é, de certa forma, conhecida, pois funciona do mesmo modo que nos sistemas pneumáticos e eletropneumáticos. Vamos conhecer algumas dessas válvulas.

Válvulas de controle de pressão

As válvulas de controle de pressão são usadas, segundo Parker Hannifin Corporation (1999), para:

- Limitar a pressão máxima de um sistema.
- Regular a pressão reduzida em certas partes dos circuitos.
- Outras atividades que envolvem mudanças na pressão de operação.

Nos diagramas dos circuitos, ela é apresentada por seu símbolo, como é mostrado na **Figura 12**. Pode possuir várias funcionalidades, de acordo com a aplicação, como mostrado em Parker Hannifin Corporation (1999):

- Válvula de segurança.

- Válvula de sequência.
- Válvula de descarga.
- Válvula redutora de pressão.
- Válvula de frenagem.
- Válvula de contrabalanço.

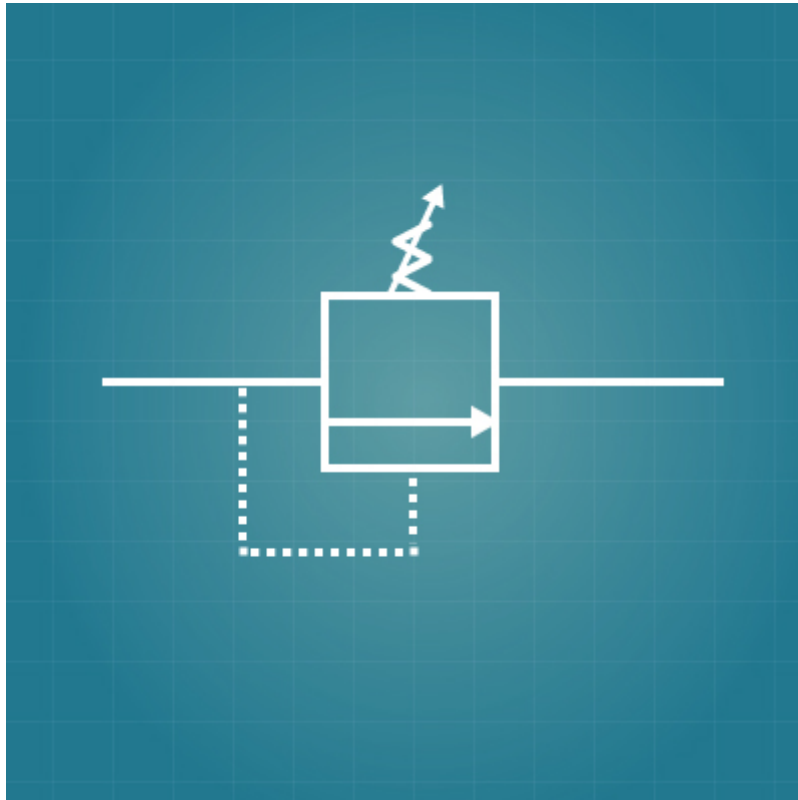


Figura 12 - Válvula de controle de pressão.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Válvulas de Controle Direcional

As válvulas de controle direcional são as responsáveis pela comutação do fluxo do fluido no sistema. A sua simbologia obedece ao mesmo padrão usado em sistemas pneumáticos, onde temos os seguintes termos para identificação:

- Número de posições.
- Número de vias.
- Posição normal (inicial).

- Tipo de acionamento (pilotado externamente, por mola, elétrico, etc.).

O número de posições é dado de acordo com a quantidade de comutações possíveis, como mostrado na **Figura 13**.

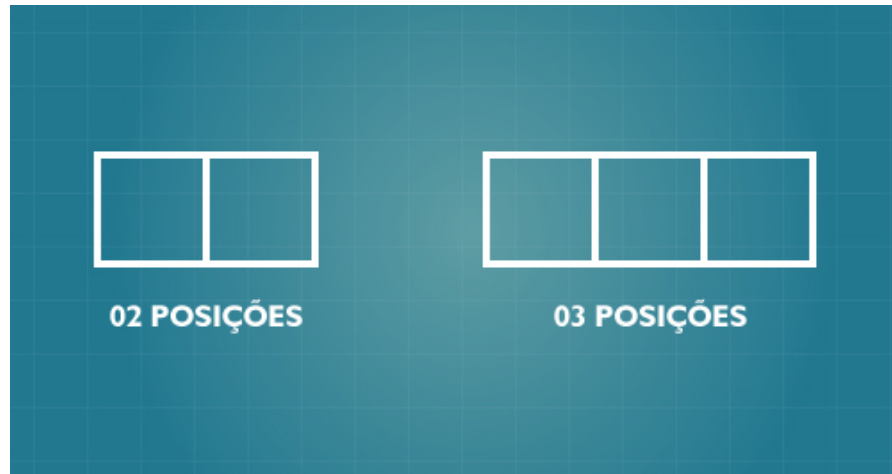


Figura 13 - Numero de posições de uma válvula.

Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

O número de vias é a quantidade de conexões que a válvula possui; é simbolizado como mostrado na **Figura 14**. A Figura mostra como é feita a passagem por essas vias.

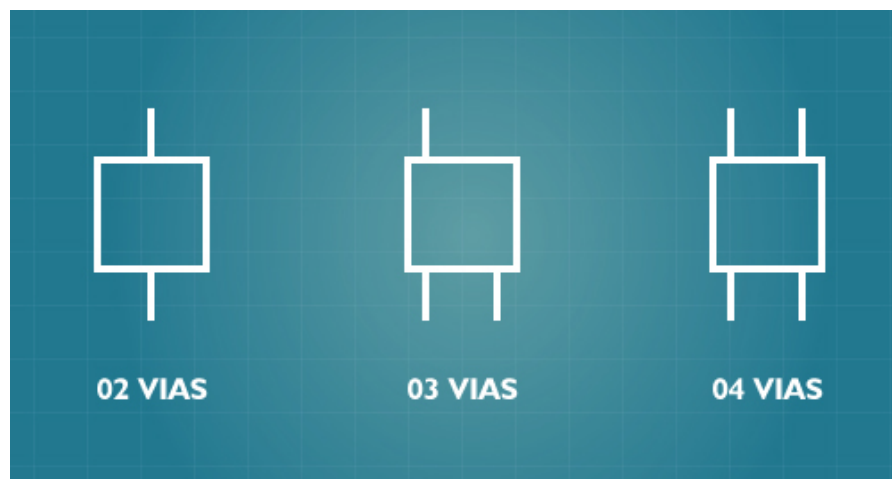


Figura 14 - Número de vias.

Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).



Figura 15 - Passagem nas vias.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

A figura seguinte apresenta alguns exemplos de válvulas direcionais.

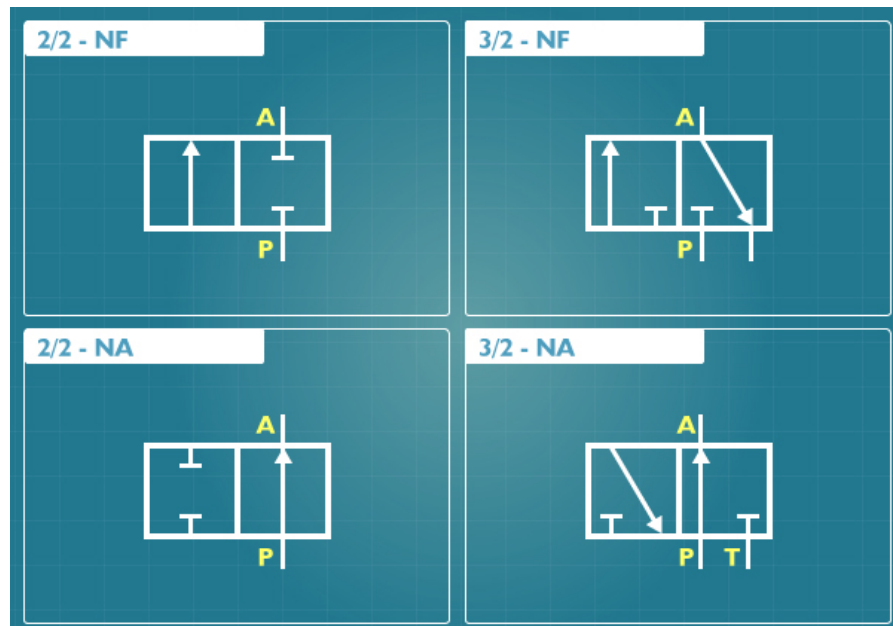


Figura 16 - Válvulas direcionais.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

As válvulas são escolhidas também pelo tipo de acionamento que elas possuem, é o sistema que fará mudança de posição das válvulas. Na **Figura 17**, temos alguns acionamentos para sistemas esses sistemas.

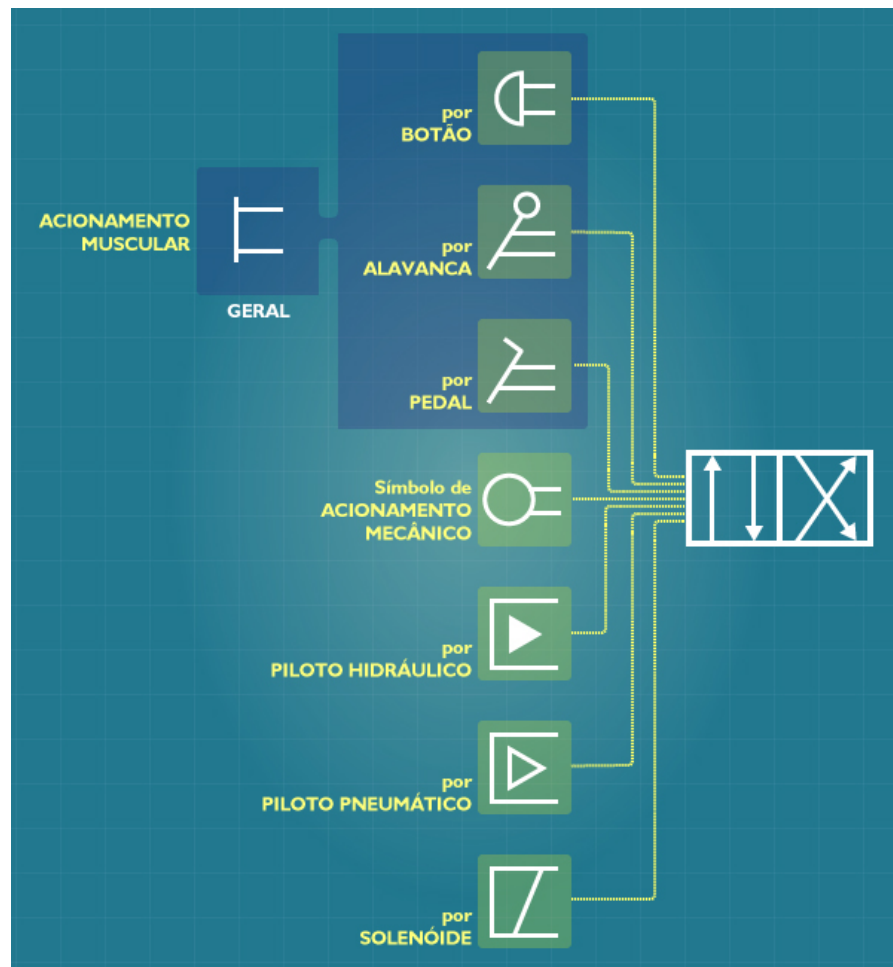


Figura 17 - Tipos de acionamento.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Válvulas de Retenção

As válvulas de retenção são elementos indispensáveis em sistemas hidráulicos, pois elas são responsáveis por evitar que o fluido retorne por uma via, sendo, assim, chamada também de válvula direcional, pois impede que o fluido trafegue por outra direção.

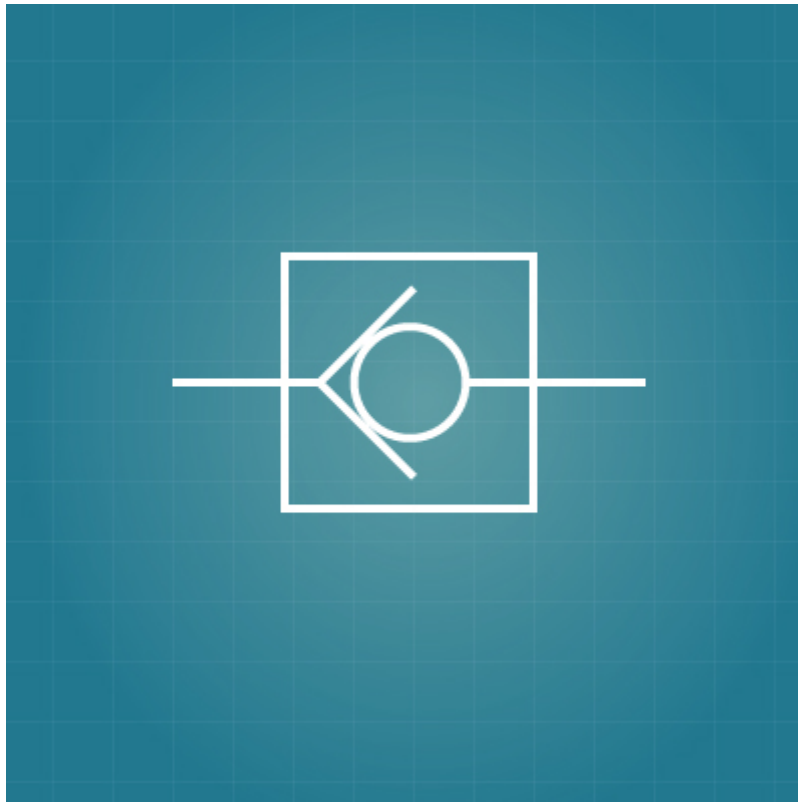


Figura 18 - Válvula de retenção.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Válvulas Controladoras de Vazão

A função da válvula controladora de vazão é restringir o fluxo do fluido da bomba em determinada malha do circuito, para, em geral, fazer o controle de velocidade no acionamento dos atuadores. Essas válvulas são, muitas vezes, aplicadas em circuitos associadas às válvulas de retenção.

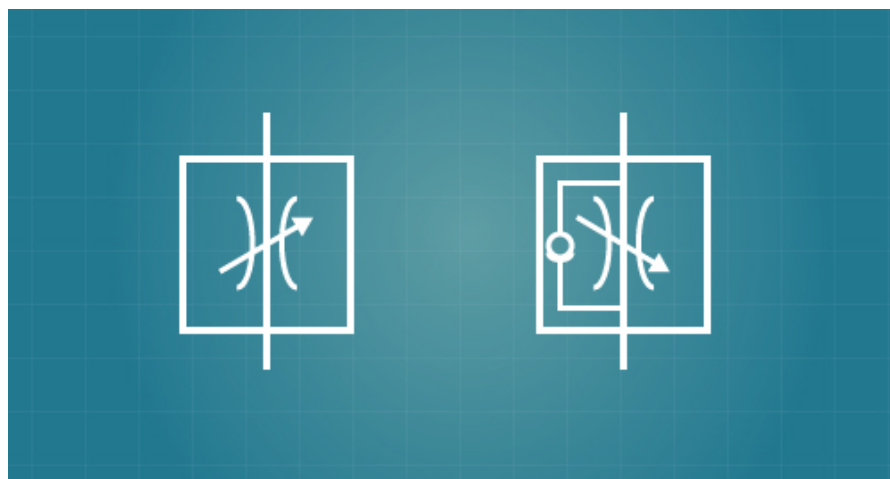


Figura 19 - Válvula controladora de vazão e válvula controladora de vazão associada com válvula de retenção.

Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Atividade 03

1. Faça uma pesquisa e apresente as válvulas usadas para operação lógica em sistemas hidráulicos industriais.

Atuadores Hidráulicos

Os atuadores hidráulicos convertem a energia dos fluidos em energia mecânica. Nos atuadores é onde ocorre toda a atividade realizada pelo sistema, todo o dimensionamento do projeto é pensado para o funcionamento dos atuadores. Eles podem ser divididos, de acordo com sua forma de funcionamento, em lineares e rotativos. Nos lineares, o trabalho é realizado linearmente sempre com avanço e recuo do cilindro, já no rotativo o trabalho é realizado com rotação em torno de um eixo. Na **Figura 20**, vemos alguns tipos de atuadores.

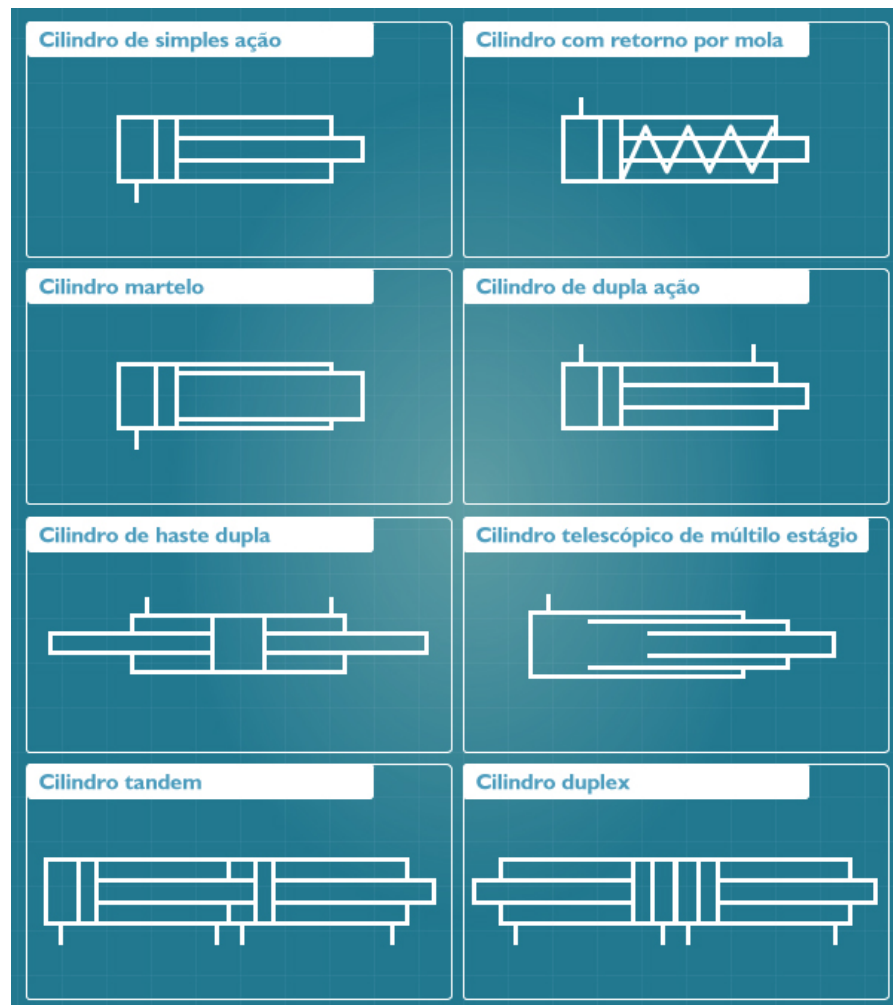


Figura 20 - Tipos de atuadores lineares.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Atuadores Lineares (cilindros)

Para o dimensionamento dos atuadores lineares, precisamos determinar alguns elementos para sua correta aplicação, como:

Força do Cilindro

A força é importante para saber a carga na qual ele será capaz de deslocar. Assim, temos que:

$$Força = area \times pressao$$

Para o caso de cilindro, temos que a área é $\frac{\pi D^2}{4}$

Curso do Cilindro

O curso do cilindro é a distância na qual ele deverá se deslocar. Essa distância é importante para determinar a quantidade de trabalho necessário para o sistema. O dimensionamento do curso foi visto na aula anterior, quando mostrado o sistema da prensa hidráulica.

Volume do Cilindro

O volume do cilindro é quantidade de fluido que tem que existir no interior no cilindro para que possa haver o deslocamento esperado. Ele é dado por:

$$volume(cm^3) = area\ do\ pistao(cm^2) \times curso\ do\ cilindro(cm)$$

Velocidade da Haste

A velocidade da haste de um cilindro é determinada pela velocidade com que um dado volume de líquido pode ser introduzido na camisa, para empurrar o pistão (Parker Hannifin Corporation, 1999). Ela é dada por:

$$velocidade = \left(\frac{cm}{min} \right) = \frac{vazo(\frac{1}{min} \times 1000)}{area\ do\ pistao(cm^2)}$$

Vedações

As vedações são elementos responsáveis por fazer o isolamento do fluido e evitar vazamento dos pistões; são fabricadas em couro, poliuretano, borrachas nitrílicas ou viton.

Amortecimento

O amortecimento protege cilindro contra os choques excessivos e desgastes. Ele consiste, basicamente, de uma válvula de controle de fluxo, que atua nos dois lados do pistão (avanço e recuo).

Atuadores Rotativos

Os atuadores rotativos, também chamados de motores hidráulicos, são dimensionados analisando os seguintes elementos:

Torque

O torque é a análoga da força para o sistema de rotação que nada mais é que um esforço rotativo e diz que há uma força presente a uma dada distância do eixo do motor. A unidade para representar o torque é o Kgf.m.

$$torque(Kgf \cdot m) = força(kgf) \cdot distancia\ do\ eixo(m)$$

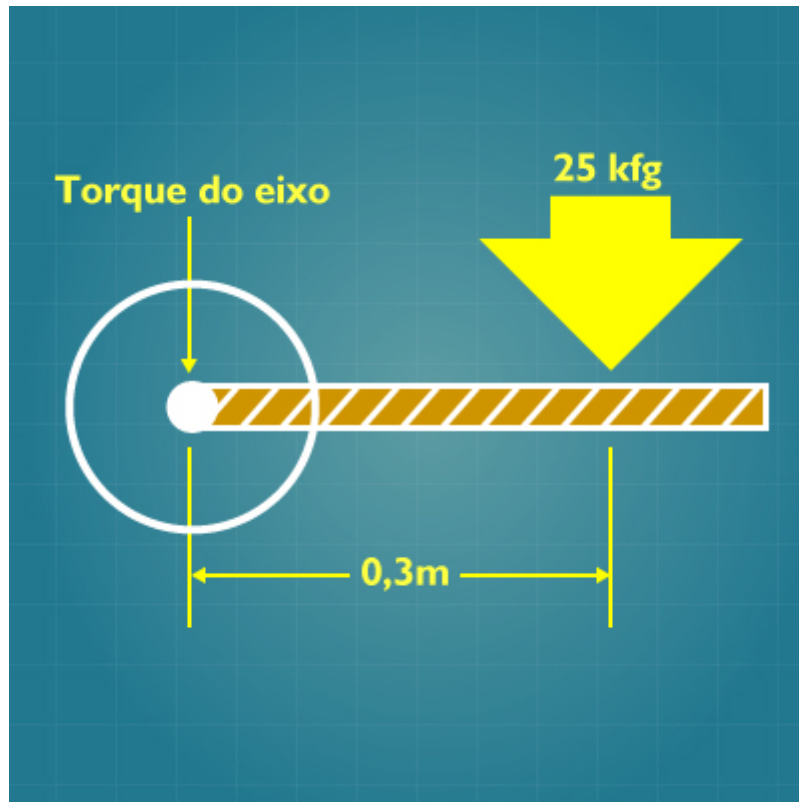


Figura 21 - Ilustração do torque.
Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Velocidade do Eixo do motor

É a velocidade na qual o eixo do motor gira e é dada por:

$$velocidade(rpm) = \frac{vazao(\frac{1}{min}) \times 100}{deslocamento(cm^3/rev)}$$

Potência

A potência em um motor hidráulico é dada pela seguinte expressão:

$$pot(cv) = \frac{velocidade(rpm) \times torque(Kfg.m)}{729}$$

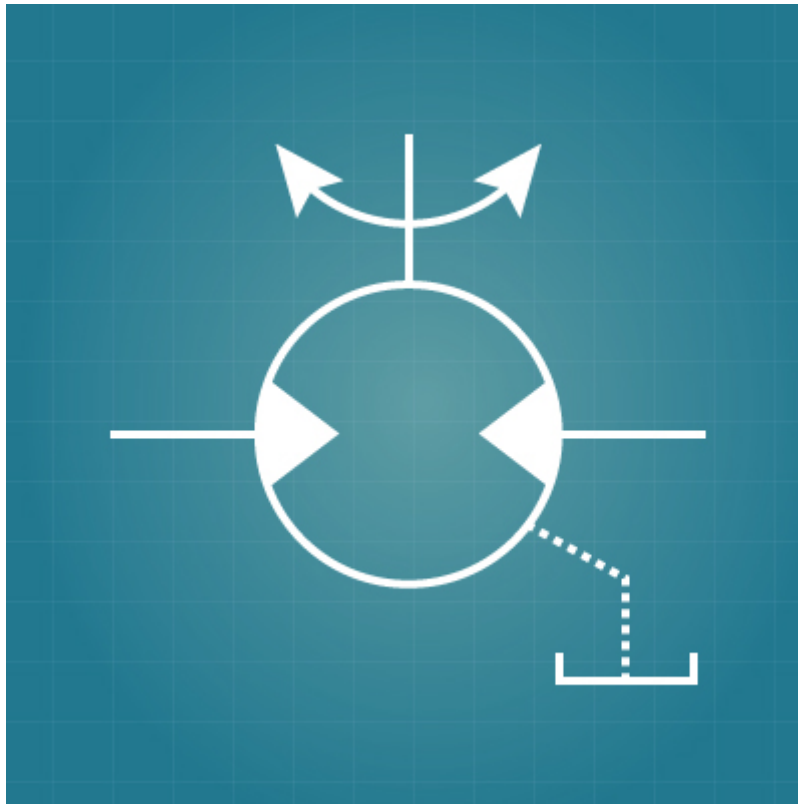


Figura 22 - Atuador rotativo.

Fonte: Parker Hannifin Corporation (1999).

Atividade 04

1. Faça um estudo e apresente um breve comparativo entre as principais aplicações de motores hidráulicos e motores elétricos.

Motores Hidráulicos x Motores Elétricos

Os motores hidráulicos apresentam algumas vantagens em relação aos elétricos, que, segundo Parker Hannifin Corporation (1999), são:

- Reversão instantânea do eixo do motor.
- Carregamento por períodos muito grandes sem danos.
- Controle de torque em toda a sua faixa de velocidade.
- Frenagem dinâmica conseguida facilmente.
- Uma relação peso-potência de 0,22 kg/HP comparada a uma relação peso-potência de 4,5 kg/HP para motores

elétricos.

Resumo

Nesta aula, vimos alguns conceitos importantes para compreender o funcionamento dos sistemas hidráulicos industriais. Em seguida, conhecemos e aprendemos a funcionalidade de alguns dos principais componentes presentes nesses sistemas.

Autoavaliação

1. Descreva um sistema hidráulico industrial.
2. Qual a interferência da pressão no sistema hidráulico.
3. Apresente, como exemplos, algumas situações do seu dia a dia que utilizam o princípio de Pascal.
4. Qual a função do reservatório hidráulico?
5. O que deve ser levado em conta na escolha de um fluido para o sistema?

Referências

PARKER HANNIFIN CORPORATION. **Tecnologia Hidráulica Industrial**. Brasil, 1999. Apostila M2001-1 BR.