



Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia  
Unidade de ensino de Santo Amaro



# APOSTILA DE HIDRÁULICA

Marcio Rodrigues Gomes  
Marcos Andrade  
Fábio Ferraz

2008

## INTRODUÇÃO

Experiências têm mostrado que a hidráulica vem se destacando e ganhando espaço como um meio de transmissão de energia nos mais variados segmentos do mercado, sendo a Hidráulica Industrial e Móbil as que apresentam um maior crescimento.

Porém, pode-se notar que a hidráulica está presente em todos os setores industriais. Amplas áreas de automatização foram possíveis com a introdução de sistemas hidráulicos para controle de movimentos.

Para um conhecimento detalhado e estudo da energia hidráulica vamos inicialmente entender o termo Hidráulica.

O termo Hidráulica derivou-se da raiz grega Hidro, que tem o significado de água, por essa razão entendem-se por Hidráulica todas as leis e comportamentos relativos à água ou outro fluido, ou seja, Hidráulica é o estudo das características e uso dos fluidos sob pressão.

### Divisões da Hidráulica e aplicações

- Estacionária



Esmerilhadeira cilíndrica hidráulica



Prensa hidráulica

- Mobil

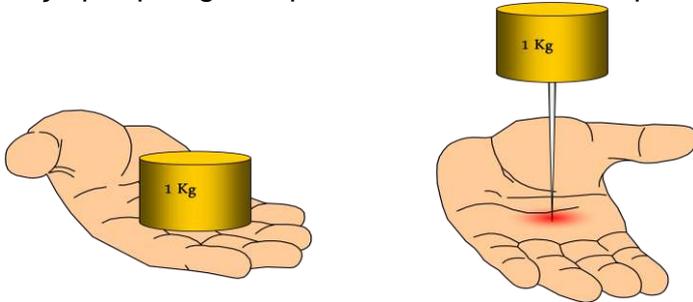


**PRINCÍPIOS FÍSICOS DA HIDRÁULICA**

**Definição de Pressão**

Pressão é a força exercida por unidade de superfície. Em hidráulica, a pressão é expressa em kgf/cm<sup>2</sup>, atm ou bar.

A pressão também poderá ser expressa em psi (Pound per square inch) que significa libra força por polegada quadrada, abrevia-se lbf/pol<sup>2</sup>.



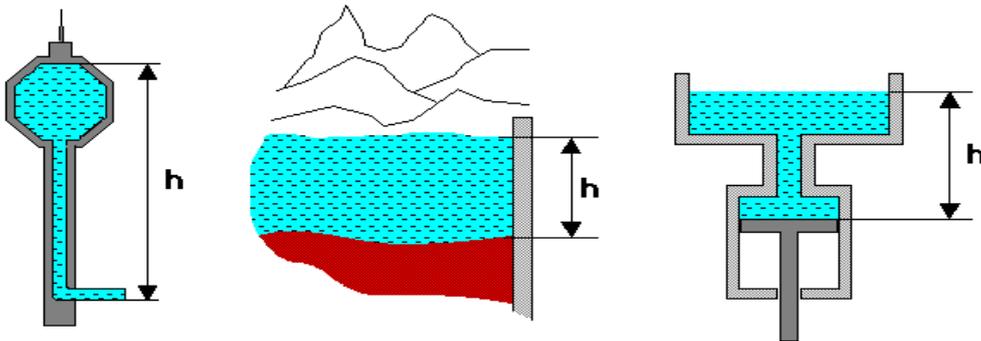
$$p = \frac{F}{A}$$

**Pressão hidrostática**

É a pressão exercida por uma coluna de líquido, e é dada pela seguinte expressão:

$$p = \mu \cdot g \cdot h$$

Exemplos:

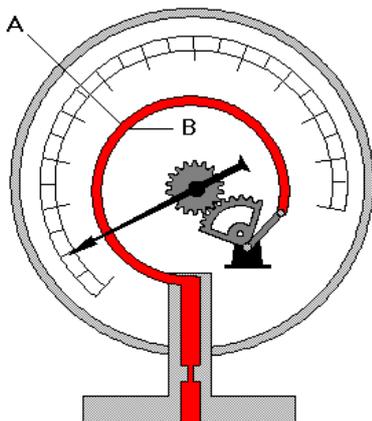


**Medidor de pressão - Manômetro**

O manômetro é um aparelho que mede um diferencial de pressão. Dois tipos de manômetros são utilizados nos sistemas hidráulicos: o de Bourdon e o de núcleo móvel.

**Principal tipo de manômetro: Manômetro de Bourdon**

O tubo de Bourdon consiste de uma escala calibrada em unidades de pressão e de um ponteiro ligado, através de um mecanismo, a um tubo oval, em forma de "C". Esse tubo é ligado à pressão a ser medida.



**Funcionamento**

Conforme a pressão aumenta no sistema, o tubo de Bourdon tende a endireitar-se devido às diferenças nas áreas entre os diâmetros interno e externo do tubo.

Esta ação de endireitamento provoca o movimento do ponteiro, proporcional ao movimento do tubo, que registra o valor da pressão no mostrador.

Os manômetros de Bourdon são instrumentos de boa precisão com valores variando entre 0,1 e 3% da escala total. São usados geralmente para trabalhos de laboratórios ou em sistemas onde a determinação da pressão é de muita importância.

**Lei de Pascal**

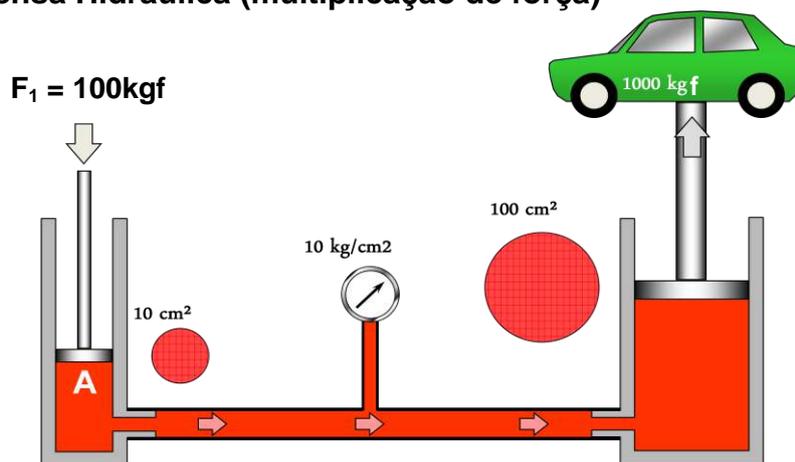
A pressão exercida em um ponto qualquer de um líquido estático é a mesma em todas as direções e exerce forças iguais em áreas iguais.

Vamos supor um recipiente cheio de um líquido, o qual é praticamente incompressível.

Quando aplicamos uma força de 10 kgf em uma área de 1cm<sup>2</sup>, obtemos como resultado uma pressão interna de 10 kgf/cm<sup>2</sup> agindo em toda a parede do recipiente com a mesma intensidade.

Este princípio, descoberto e enunciado por Pascal, levou à construção da primeira prensa hidráulica no princípio da Revolução Industrial. Quem desenvolveu a descoberta de Pascal foi o mecânico Joseph Bramah.

**Princípio da Prensa Hidráulica (multiplicação de força)**



Sabemos que:

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

Portanto:

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{100kgf}{10cm^2} = 10kgf/cm^2$$

Temos que a pressão, agindo em todos os sentidos internamente na câmara da prensa, é de 10 Kgf/cm<sup>2</sup>.

Esta pressão suportará um peso de 1000 Kgf se tivermos uma área A<sub>2</sub> de 100 cm<sup>2</sup>, sendo:

$$F = p \cdot A$$

Temos:

$$F_2 = p_1 \cdot A_2$$

$$F_2 = 10 \text{kgf/cm}^2 \cdot 100 \text{cm}^2$$

$$F_2 = 1000 \text{kgf}$$

Podemos considerar que as forças são proporcionais às áreas dos pistões.

### Fatores de Conversão de Unidades de Pressão

1 atm	=	1,0333 kgf/cm <sup>2</sup>
1 atm	=	1,0134 bar
1 atm	=	14,697 psi (lbf/pol <sup>2</sup> )
1 atm	=	760 mmHg
1 kgf/cm <sup>2</sup>	=	0,9677 atm
1 kgf/cm <sup>2</sup>	=	0,9807 bar
1 kgf/cm <sup>2</sup>	=	14,223 psi (lbf/pol <sup>2</sup> )
1 kgf/cm <sup>2</sup>	=	736 mmHg
1 bar	=	0,9867 atm
1 bar	=	1,0196 kgf/cm <sup>2</sup>
1 bar	=	14,503 psi (lbf/pol <sup>2</sup> )
1 bar	=	759 mmHg
1 psi	=	0,0680 atm
1 psi	=	0,0703 kgf/cm <sup>2</sup>
1 psi	=	0,0689 bar
1 psi	=	51,719 mmHg

### Equivalência entre Unidades de Pressão

$$1 \text{ atm} \approx 1 \text{ kgf/cm}^2 = 1 \text{ bar} \approx 14,7 \text{ psi}$$

Na prática, podemos considerar:

$$1 \text{ bar} = 14,5 \text{ psi}$$

### Conservação de Energia

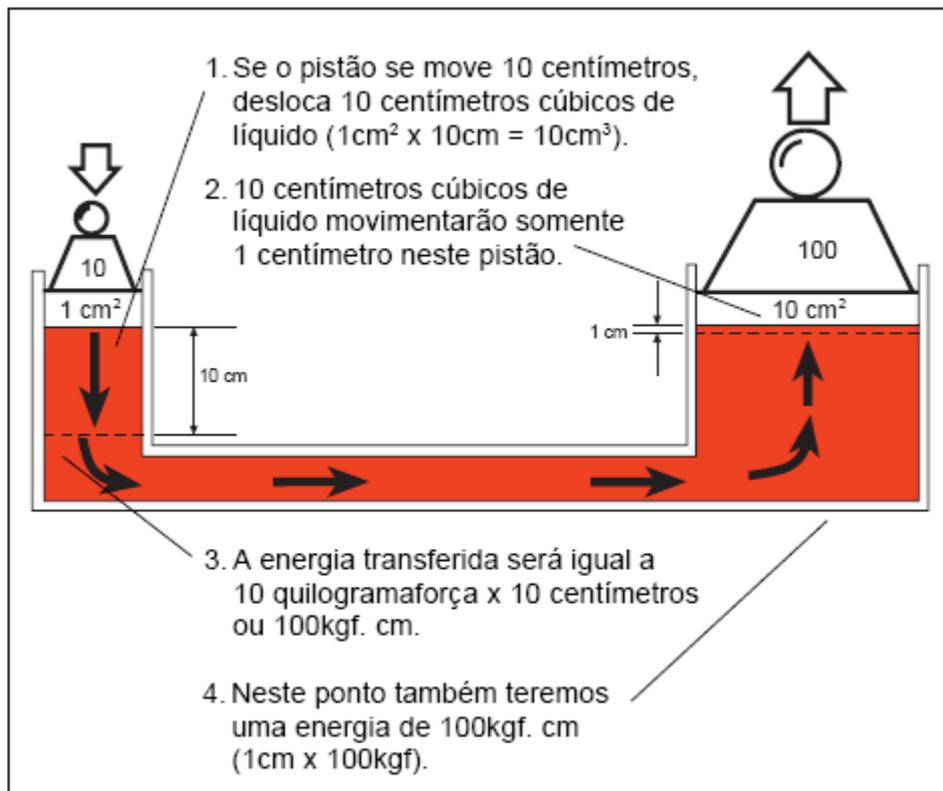
Relembrando um princípio enunciado por Lavoisier, onde ele menciona:

"Na natureza nada se cria e nada se perde tudo se transforma."

Realmente não podemos criar uma nova energia e nem tão pouco destruí-la e sim transformá-la em novas formas de energia.

Quando desejamos realizar uma multiplicação de forças significa que teremos o pistão maior, movido pelo fluido deslocado pelo pistão menor, sendo que a distância de cada pistão seja inversamente proporcional às suas áreas.

O que se ganha em relação à força tem que ser sacrificado em distância ou velocidade.



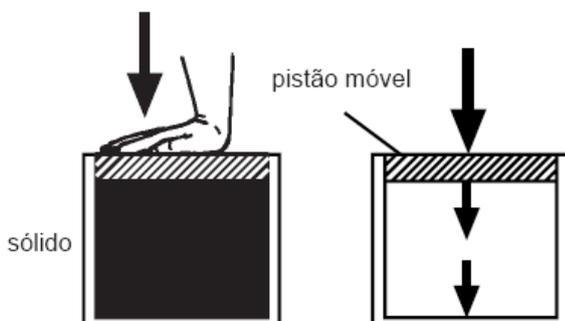
Quando o pistão de área =  $1\text{ cm}^2$  se move 10 cm desloca um volume de  $10\text{cm}^3$  para o pistão de área =  $10\text{ cm}^2$ . Conseqüentemente, o mesmo movimentará apenas 1cm de curso, já que o volume de fluido deslocado é o mesmo.

**Transmissão de Força**

Os quatro métodos de transmissão de energia: mecânica, elétrica, hidráulica e pneumática, são capazes de transmitir forças estáticas (energia potencial) tanto quanto a energia cinética. Quando uma força estática é transmitida em um líquido, essa transmissão ocorre de modo especial. Para ilustrar, vamos comparar como a transmissão ocorre através de um sólido e através de um líquido em um recipiente fechado.

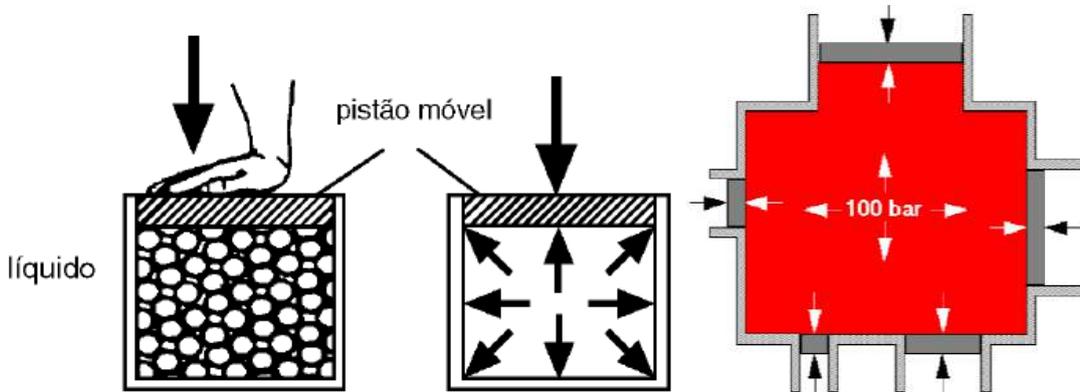
**Força Transmitida através de um Sólido**

A força através de um sólido é transmitida em uma direção. Se empurrarmos o sólido em uma direção, a força é transmitida ao lado oposto, diretamente.



**Força Transmitida através de um Líquido**

Se empurrarmos o tampão de um recipiente cheio de líquido, o líquido do recipiente transmitirá pressão sempre da mesma maneira, independentemente de como ela é gerada e da forma do mesmo.



**Fluido Hidráulico**

O fluido hidráulico é o elemento vital de um sistema hidráulico industrial. Ele é um meio de transmissão de energia, um lubrificante, um vedador e um veículo de transferência de calor. O fluido hidráulico à base de petróleo é o mais comum.

**Fluido à Base de Petróleo**

O fluido à base de petróleo é mais do que um óleo comum. Os aditivos são ingredientes importantes na sua composição. Os aditivos dão ao óleo características que o tornam apropriado para uso em sistemas hidráulicos.

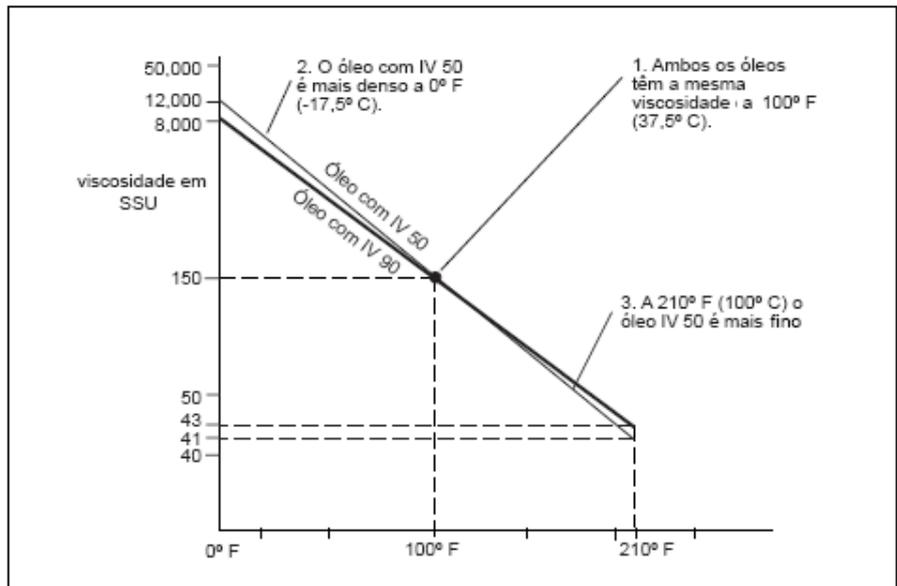
**Índice de Viscosidade (IV)**

O índice de viscosidade é um número puro que indica como um fluido varia em viscosidade quando a temperatura muda. Um fluido com um alto índice de viscosidade mudaria relativamente pouco com a temperatura. A maior parte dos sistemas hidráulicos industriais requer um fluido com um índice de viscosidade de 90 ou mais.

**Inibidores de Oxidação** - A oxidação do óleo ocorre por causa de uma reação entre o óleo e o oxigênio do ar. A oxidação resulta em baixa capacidade de lubrificação na formação de ácido e na geração de partículas de carbono e aumento da viscosidade do fluido.

A oxidação do óleo é aumentada por três fatores:

1. Alta temperatura do óleo.
2. Catalisadores metálicos, tais como cobre, ferro ou chumbo.
3. O aumento no fornecimento de oxigênio.



**Inibidores de Corrosão** - Os inibidores de corrosão protegem as superfícies de metal do ataque por ácidos e material oxidante. Este inibidor forma um filme protetor sobre as superfícies do metal e neutraliza o material corrosivo ácido à medida que ele se forma.

### **Aditivos de Extrema Pressão ou Antidesgaste**

Estes aditivos são usados em aplicações de alta temperatura e alta pressão. Em pontos localizados onde ocorrem temperaturas ou pressões altas (por exemplo, as extremidades das palhetas numa bomba ou motor de palheta).

### **Aditivos Antiespumantes**

Os aditivos antiespumantes não permitem que bolhas de ar sejam recolhidas pelo óleo, o que resulta numa falha do sistema de lubrificação. Estes inibidores operam combinando as pequenas bolhas de ar em bolhas grandes que se desprendem da superfície do fluido e estouram.

### **Fluidos Resistentes ao Fogo**

Uma característica inconveniente do fluido proveniente do petróleo é que ele é inflamável. Não é seguro usá-lo perto de superfícies quentes ou de chama. Por esta razão, foram desenvolvidos vários tipos de fluidos resistentes ao fogo.

### **Emulsão de Óleo em Água**

A emulsão de óleo em água resulta em um fluido resistente ao fogo que consiste de uma mistura de óleo numa quantidade de água. A mistura pode variar em torno de 1% de óleo e 99% de água a 40% de óleo e 60% de água. A água é sempre o elemento dominante.

### **Emulsão de Água em Óleo**

A emulsão de água em óleo é um fluido resistente ao fogo, que é também conhecido como emulsão invertida.

A mistura é geralmente de 40% de água e 60% de óleo. O óleo é dominante. Este tipo de fluido tem características de lubrificação melhores do que as emulsões de óleo em água.

### **Fluido de Água-Glicol**

O fluido de água-glicol resistente ao fogo é uma solução de glicol (anticongelante) e água. A mistura é geralmente de 60% de glicol e 40% de água.

### **Sintético**

Os fluidos sintéticos, resistentes ao fogo, consistem geralmente de ésteres de fosfato, hidrocarbonos clorados, ou uma mistura dos dois com frações de petróleo.

Este é o tipo mais caro de fluido resistente ao fogo.

Os componentes que operam com fluidos sintéticos resistentes ao fogo necessitam de guarnições de material especial.

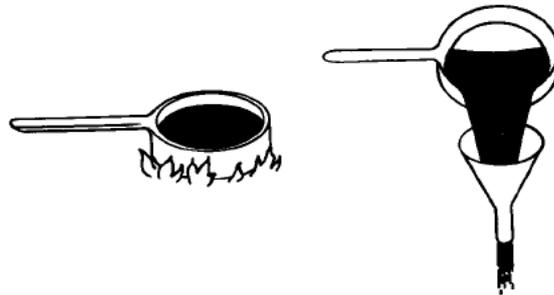
### **Viscosidade**

A viscosidade é a medida de resistência ao fluxo das moléculas de um líquido quando elas deslizam umas sobre as outras. É uma medida inversa à de fluidez.

### **Efeito da Temperatura sobre a Viscosidade**

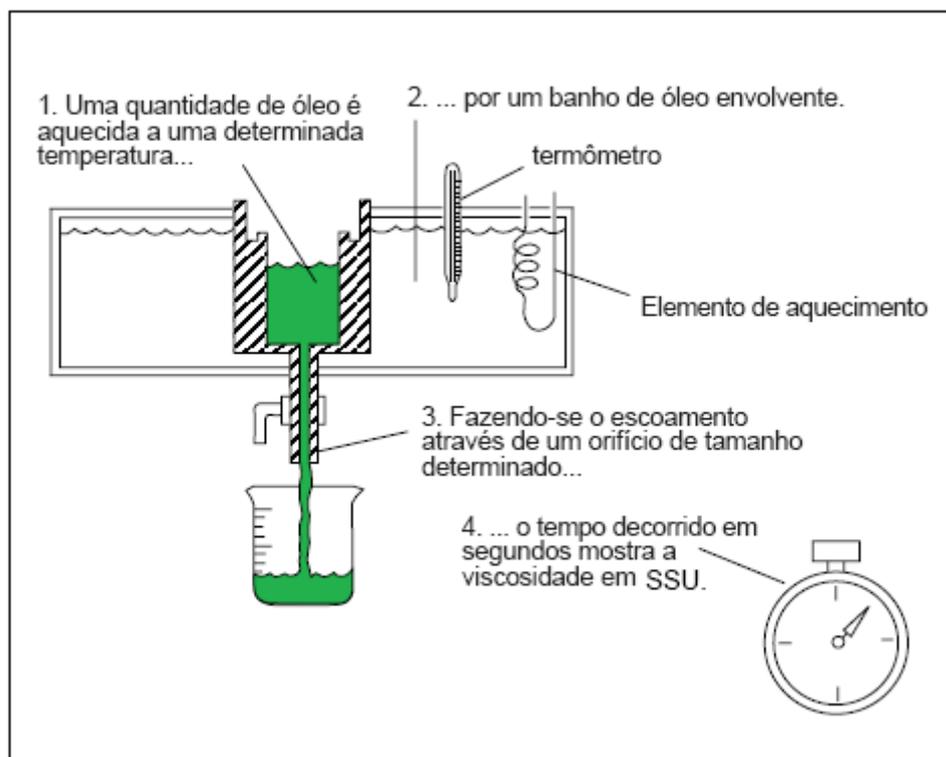
Uma garrafa de melado tirada da geladeira apresenta uma alta resistência ao fluxo. Tentar passar esse líquido por um funil constitui-se numa operação demorada.

Aquecendo-se o melado, faz-se com que ele escoe perfeitamente pelo funil. O aquecimento das moléculas do melado faz com que elas deslizem umas às outras com maior facilidade. Conforme se aumenta a temperatura de um líquido, a sua viscosidade diminui.



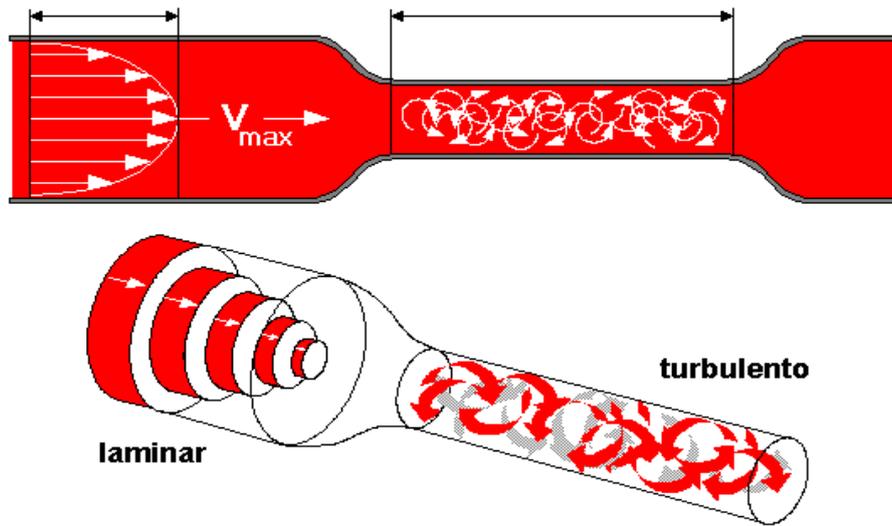
### Segundo Saybolt Universal (SSU)

Uma das medidas de viscosidade dos fluidos é o SSU - abreviatura de Segundo Saybolt Universal. O professor Saybolt aqueceu um líquido com volume predeterminado a uma dada temperatura e fez o líquido passar por uma abertura de tamanho também especificado. Ele cronometrou o fluxo (em segundos), até que o líquido enchesse um recipiente com capacidade de 60 mililitros. O resultado foi a medição da viscosidade em SSU.



### Tipos de fluxos

- **Laminar:** as camadas de fluido se deslocam paralelamente umas às outras. Nesse tipo de fluxo, a velocidade do fluido aumenta na medida em que se afasta das paredes do tubo, ou seja, a velocidade máxima é atingida pela cama central do fluido.
- **Turbulento:** as camadas de fluido se deslocam de maneira aleatória, umas em relação às outras

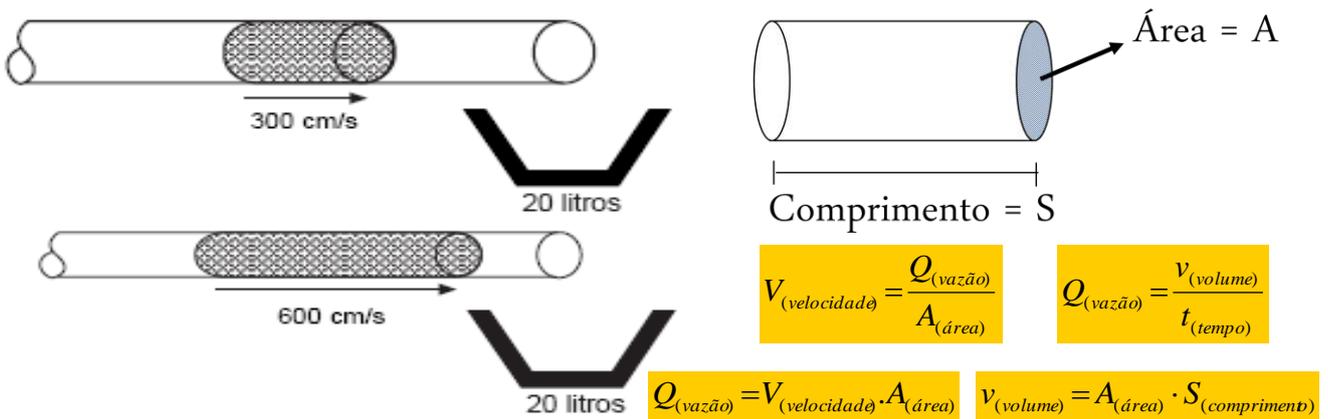


**Velocidade x Vazão**

Nos sistemas dinâmicos, o fluido que passa pela tubulação se desloca a certa velocidade. Esta é a velocidade do fluido, que de modo geral é medida em centímetros por segundo (cm/seg.).

O volume do fluido passando pela tubulação em um determinado período de tempo é a vazão ( $Q = V \cdot A$ ), em litros por segundo (l/s).

A relação entre velocidade e vazão pode ser vista na ilustração.

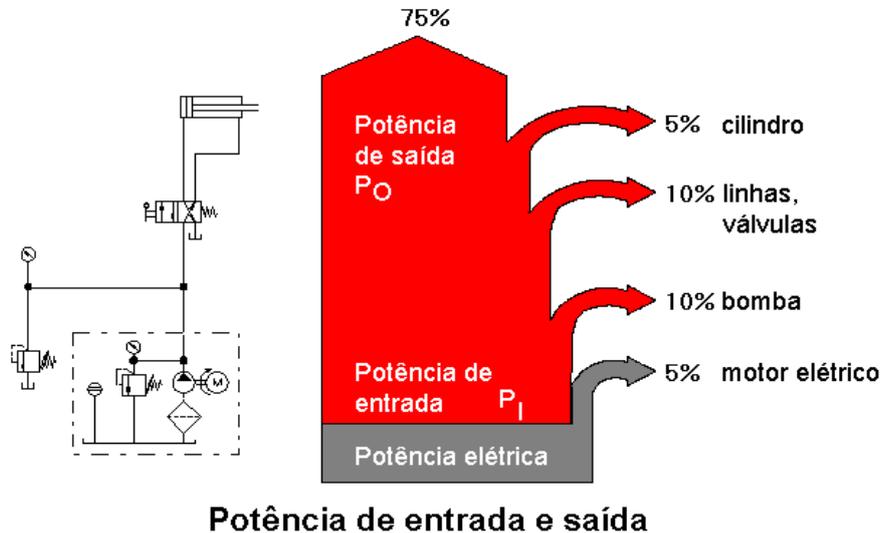


Para encher um recipiente de 20 litros em um minuto, o volume de fluido em um cano de grande diâmetro deve passar a uma velocidade de 300 cm/s. No tubo de pequeno diâmetro, o volume deve passar a uma velocidade de 600 cm/s para encher o recipiente no tempo de um minuto.

Em ambos os casos a vazão é de 20 litros/minuto, mas as velocidades do fluido são diferentes.

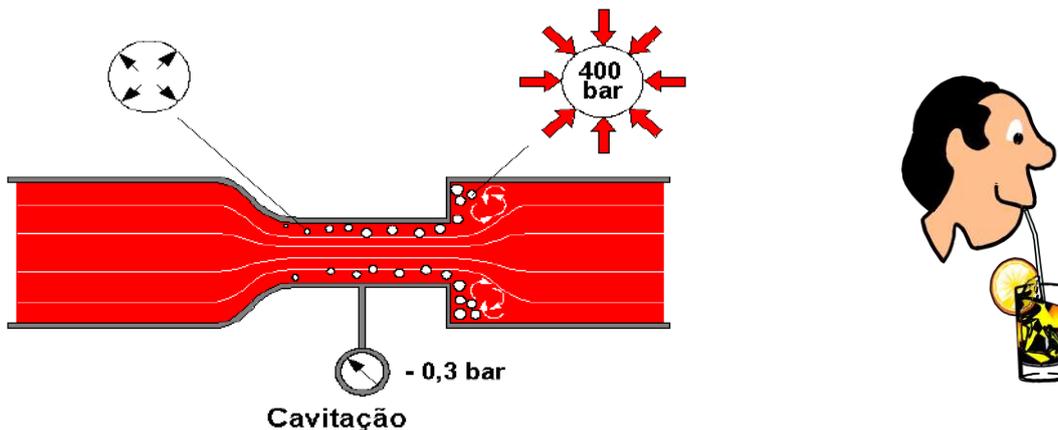
### Potência x Eficiência em sistemas hidráulicos

Em sistemas hidráulicos, devido às perdas de cargas geradas pelos próprios elementos do circuito, como por exemplo: bombas, válvulas, curvas, cilindros, instrumentos de medida e, a própria tubulação, o aproveitamento final da energia fornecida ao circuito é cerca de 75%, conforme ilustrado na figura a seguir.



### Cavitação

A cavitação é provocada quando, por algum motivo, gera-se uma zona de depressão, ou pressão negativa. Quando isso ocorre, o fluido tende a vaporizar formando bolhas de ar. Ao passar da zona de depressão, o fluido volta a ficar submetido à pressão de trabalho e, as bolhas de ar implodem provocando ondas de choque, que provocam desgaste, corrosão e até mesmo destroem pedaços dos rotores, carcaças e tubulações.



### Causas da cavitação

- Filtro da linha de sucção saturado
- Respiro do reservatório fechado ou entupido
- Linha de sucção muito longa
- Muitas curvas na linha de sucção (perdas de cargas)
- Estrangulamento na linha de sucção
- Altura estática da linha de sucção
- Linha de sucção congelada

**Exemplo de defeito provocado pela cavitação:** Corrosão das palhetas da bomba.



**Características de uma bomba em cavitação**

- Queda de rendimento
- Marcha irregular
- Vibração provocada pelo desbalanceamento
- **Ruído provocado pela implosão das bolhas**

**Como evitar a cavitação**

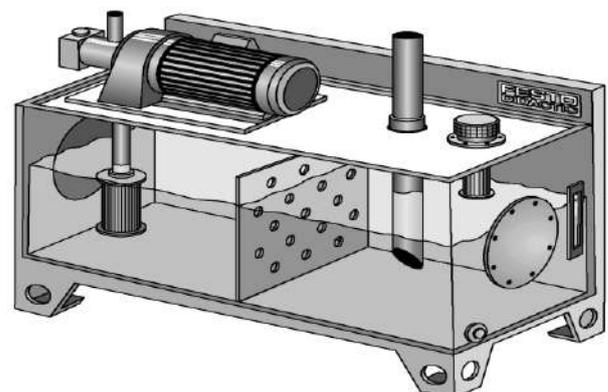
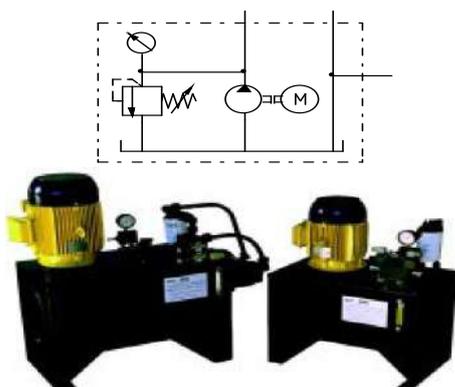
Primeiramente, elaborando-se um bom projeto para a linha de sucção. Segundo, aplicando-se uma manutenção preventiva.

**Grupo de acionamento e reservatório hidráulico**

A função de um reservatório hidráulico é conter ou armazenar o fluido hidráulico de um sistema.

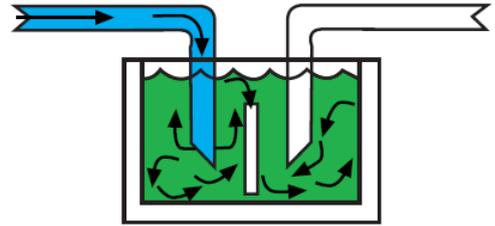
**Do que consiste um Reservatório Hidráulico**

Os reservatórios hidráulicos consistem de quatro paredes (geralmente de aço); uma base abaulada; um topo plano com uma placa de apoio, quatro pés; linhas de sucção, retorno e drenos; plugue do dreno; indicador de nível de óleo; tampa para respiradouro e enchimento; tampa para limpeza e placa defletora (Chicana).



### Funcionamento

Quando o fluido retorna ao reservatório, a placa defletora impede que este fluido vá diretamente à linha de sucção. Isto cria uma zona de repouso onde as impurezas maiores sedimentam, o ar sobe à superfície do fluido e dá condições para que o calor, no fluido, seja dissipado para as paredes do reservatório. Todas as linhas de retorno devem estar localizadas abaixo do nível do fluido e no lado do defletor oposto à linha de sucção.



### Filtros hidráulicos

Todos os fluidos hidráulicos contêm certa quantidade de contaminantes. A necessidade do filtro, no entanto, não é reconhecida na maioria das vezes, pois o acréscimo deste componente particular não aumenta, de forma aparente, a ação da máquina. Mas o pessoal experiente de manutenção concorda que a grande maioria dos casos de mau funcionamento de componentes e sistemas é causada por contaminação.

As partículas de sujeira podem fazer com que máquinas caras e grandes falhem.

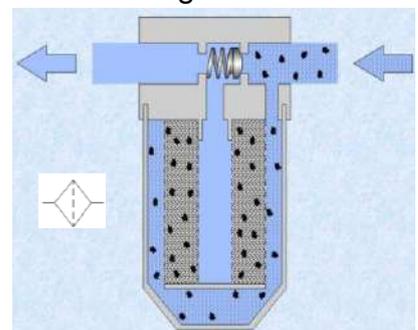


### A Contaminação Interfere nos Fluidos Hidráulicos

A contaminação causa problemas nos sistemas hidráulicos porque interfere no fluido, que tem quatro funções.

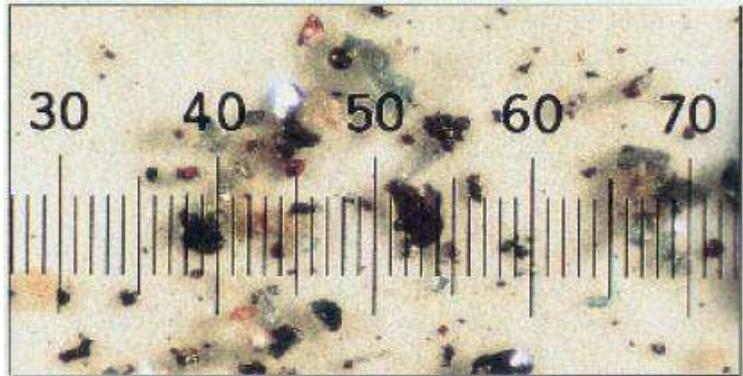
1. Transmitir energia.
2. Lubrificar peças internas que estão em movimento.
3. Transferir calor.
4. Vedar folgas entre peças em movimento.

A contaminação interfere em três destas funções. Interfere com a transmissão de energia vedando pequenos orifícios nos componentes hidráulicos. Nesta condição, a ação das válvulas não é apenas imprevisível e improdutiva, mas também insegura. Devido à viscosidade, atrito e mudanças de direção, o fluido hidráulico gera calor durante a operação do sistema. Quando o líquido retorna ao reservatório, transfere calor às suas paredes. As partículas contaminantes interferem no esfriamento 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 solenóide e falha prematura do componente.



**Escala micrométrica**

Um micron é igual a um milionésimo de um metro, ou trinta e nove milionésimos de uma polegada. Um único micron é invisível a olho nu e é tão pequeno que é extremamente difícil imaginá-lo. Para trazer o seu tamanho mais próximo da realidade, alguns objetos de uso diário serão medidos com o uso da escala micrométrica. Um simples grão de sal refinado mede 100 micron. O diâmetro médio de um fio de cabelo humano mede 70 micra. 25 micra correspondem a aproximadamente um milésimo de polegada.



Tamanho Relativo das Partículas		
Substância	Microns	Polegadas
Grão de sal refinado	100	.0039
Cabelo Humano	70	.0027
Limite máx. de visibilidade	40	.0016
Farinha de trigo	25	.0010
Células Verm. do sangue	8	.0003
Bactéria	2	.0001

Folga Típica de Componentes Hidráulicos	
Componente	Microns
Rolamentos antifricção de rolos e esferas	0.5
Bomba de Palheta	0.5-1
Bomba de Engrenagem (engrenagem com a tampa)	0.5-5
Servo Válvulas (carretel com a luva)	1-4
Rolamentos hidrostáticos	1-25
Rolamentos de Pistão (pistão com camisa)	5-40
Servo Válvula	18-63
Atuadores	50-250
Orifício de Servo Válvula	130-450

**Limite de visibilidade**

O menor limite de visibilidade para o olho é de 40 micra. Em outras palavras, uma pessoa normal pode enxergar uma partícula que mede 40 micra, no mínimo. Isto significa que, embora uma amostra de fluido hidráulico pareça estar limpa, ela não está necessariamente limpa. Muito da contaminação prejudicial em um sistema hidráulico está abaixo de 40 micron.



**Elementos filtrantes**

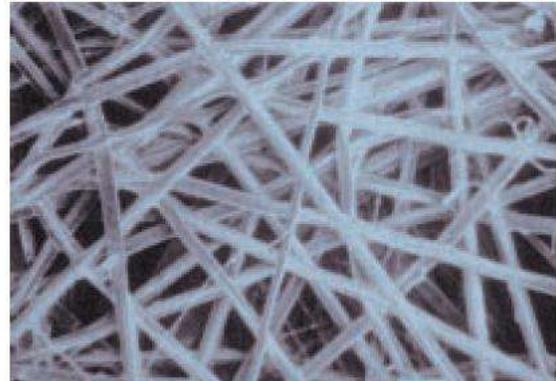
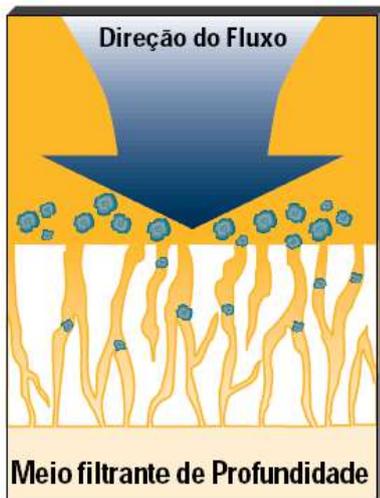
A função de um filtro é remover impurezas do fluido hidráulico.



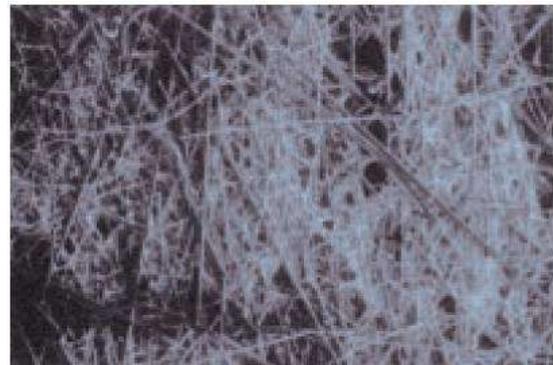
Isto é feito forçando o fluxo do fluido a passar por um elemento filtrante que retém a contaminação. Os elementos filtrantes são divididos em tipos de profundidade e de superfície.

### Elementos de Filtro de Profundidade

Os elementos do filtro de profundidade forçam o fluido a passar através de uma espessura apreciável de várias camadas de material. A contaminação é retida por causa do entrelaçamento das fibras e a conseqüente trajetória irregular que o fluido deve tomar. Os papéis tratados e os materiais sintéticos são usados comumente como materiais porosos de elementos de filtro de profundidade.



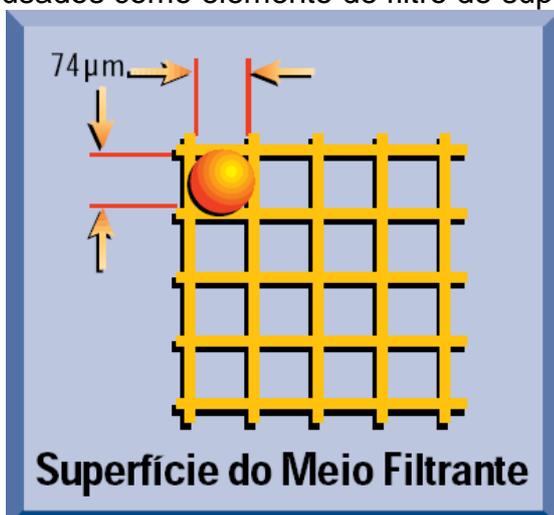
Fibra de vidro grossa aumentada em 100 vezes



Fibra de vidro fina aumentada em 100 vezes

### Elementos do Tipo de Superfície

Num filtro do tipo de superfície, um fluxo de fluido tem uma trajetória direta de fluxo através de uma camada de material. A sujeira é retida na superfície do elemento que está voltada para o fluxo. Telas de arame ou metal perfurado são tipos comuns de materiais usados como elemento de filtro de superfície.



### Tipo de Filtragem pela Posição no Sistema

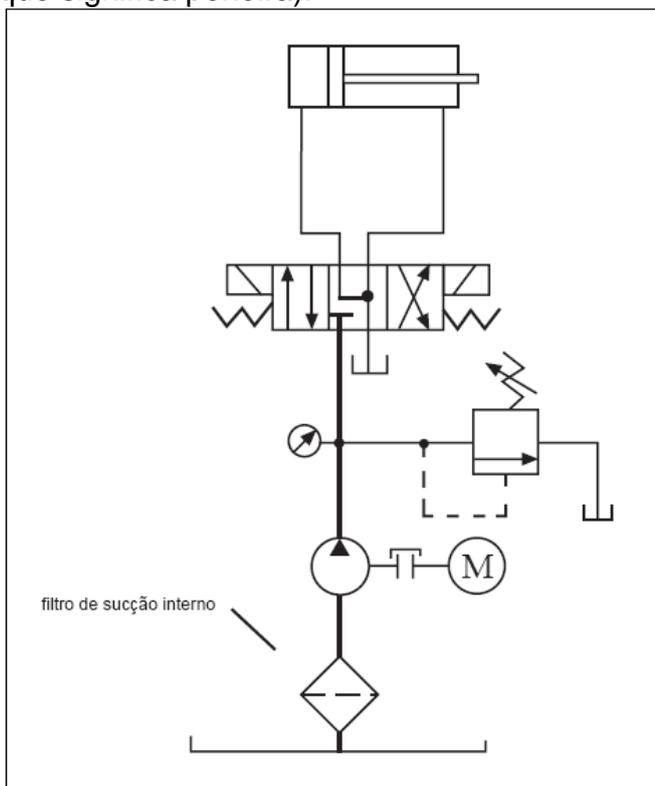
O filtro é a proteção para o componente hidráulico. Seria ideal que cada componente do sistema fosse equipado com o seu próprio filtro, mas isso não é economicamente prático na maioria dos casos. Para se obterem melhores resultados, a prática usual é colocar filtros em pontos estratégicos do sistema.

### Filtros de Sucção

Existem 2 tipos de filtro de sucção:

#### Filtro de Sucção Interno:

São os mais simples e mais utilizados. Têm a forma cilíndrica com tela metálica com malha de 74 a 150 microns, não possuem carcaça e são instalados dentro do reservatório, abaixo, no nível do fluido. Apesar de serem chamados de filtro, impedem apenas a passagem de grandes partículas (na língua inglesa são chamados de “strainer”, que significa peneira).



#### Vantagens:

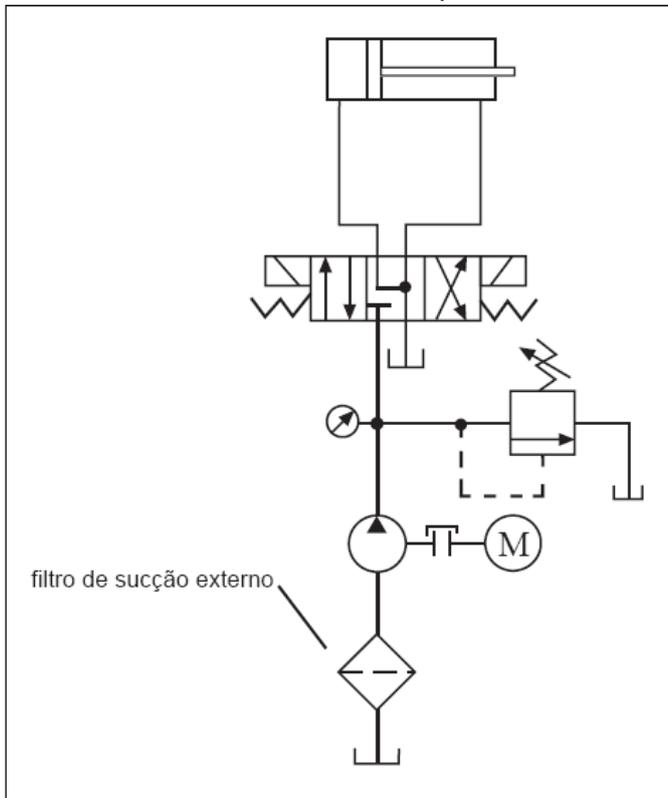
1. Protegem a bomba da contaminação do reservatório.
2. Por não terem carcaça são filtros baratos.

#### Desvantagens:

1. São de difícil manutenção, especialmente se o fluido está quente.
2. Não possuem indicador.
3. Podem bloquear o fluxo de fluido e prejudicar a bomba se não estiverem dimensionados corretamente, ou se não conservados adequadamente.
4. Não protegem os elementos do sistema das partículas geradas pela bomba.

### Filtro de Sucção Externo

Pelo fato de possuírem carcaça estes filtros são instalados diretamente na linha de sucção fora do reservatório. Existem modelos que são instalados no topo ou na lateral dos reservatórios. Estes filtros possuem malha de filtragem de 3 a 238 microns.



#### Vantagens:

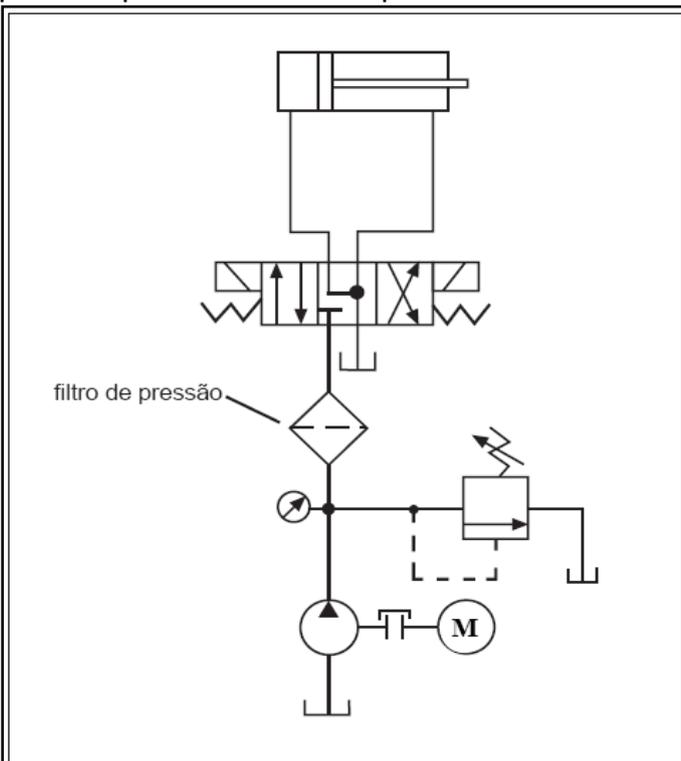
1. Protegem a bomba da contaminação do reservatório.
2. Indicador mostra quando o elemento está sujo.
3. Podem ser trocados sem a desmontagem da linha de sucção do reservatório.

#### Desvantagens:

1. Podem bloquear o fluxo de fluido e prejudicar a bomba se não estiverem dimensionados corretamente, ou se não conservados adequadamente.
2. Não protegem os elementos do sistema das partículas geradas pela bomba.

### Filtro de Pressão

Um filtro de pressão é posicionado no circuito, entre a bomba e um componente do sistema. A malha de filtragem dos filtros de pressão é de 3 a 40 microns. Um filtro de pressão pode também ser posicionado entre os componentes do sistema.



#### Vantagens:

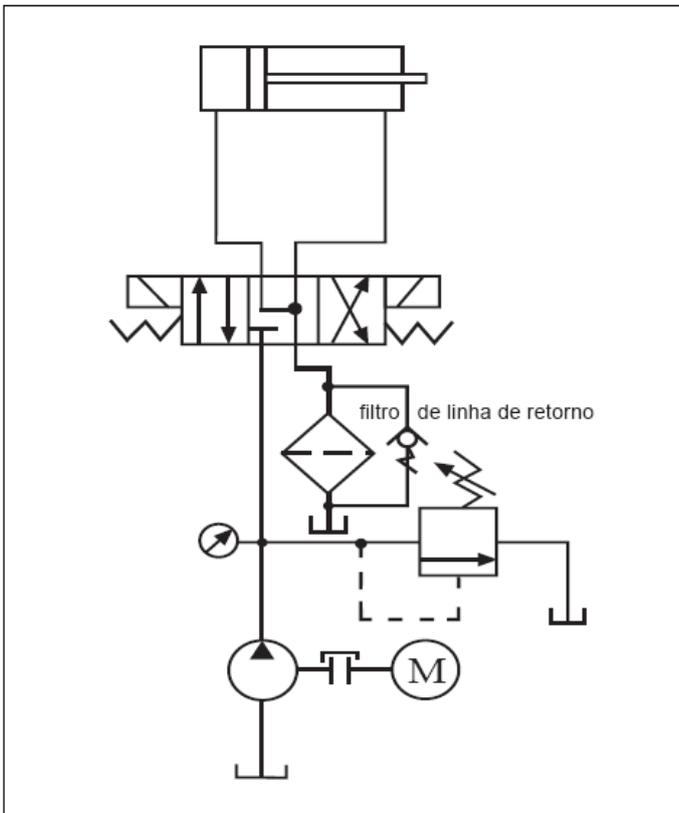
1. Filtram partículas muito finas visto que a pressão do sistema pode impulsionar o fluido através do elemento.
2. Pode proteger um componente específico contra o perigo de contaminação por partículas.

#### Desvantagens:

1. A carcaça de um filtro de pressão deve ser projetada para alta pressão.
2. São caros porque devem ser reforçados para suportar altas pressões, choques hidráulicos e diferencial de pressão.

### Filtro de Linha de Retorno

Está posicionado no circuito próximo do reservatório. A dimensão habitualmente encontrada nos filtros de retorno é de 5 a 40 microns.



#### Vantagens:

1. Retêm contaminação no sistema antes que ela entre no reservatório.
2. A carcaça do filtro não opera sob pressão plena de sistema, por esta razão é mais barata do que um filtro de pressão.
3. O fluido pode ter filtragem fina, visto que a pressão do sistema pode impulsionar o fluido através do elemento.

#### Desvantagens:

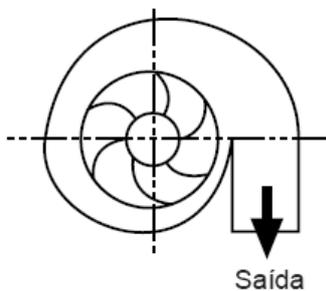
1. Não há proteção direta para os componentes do circuito.
2. Em filtros de retorno, de fluxo pleno, o fluxo que surge da descarga dos cilindros, dos atuadores e dos

acumuladores pode ser considerado quando dimensionado.

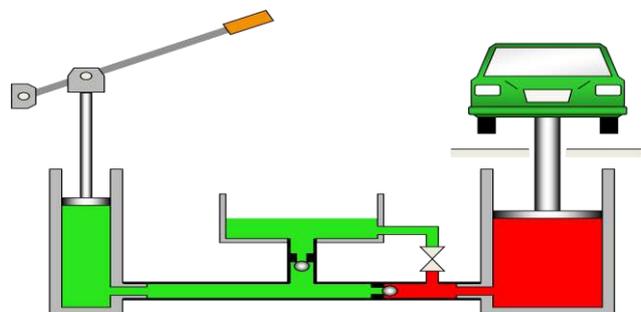
3. Alguns componentes do sistema podem ser afetados pela contrapressão gerada por um filtro de retorno.

### Bombas hidráulicas: Generalidades

As bombas são utilizadas nos circuitos hidráulicos, para converter energia mecânica em energia hidráulica. A ação mecânica cria um vácuo parcial na entrada da bomba, o que permite que a pressão atmosférica force o fluido do tanque, através da linha de sucção, a penetrar na bomba. A bomba passará o fluido para a abertura de descarga, forçando-o através do sistema hidráulico. As bombas são classificadas, basicamente, em dois tipos: hidrodinâmicas e hidrostáticas.



**Hidrodinâmica**

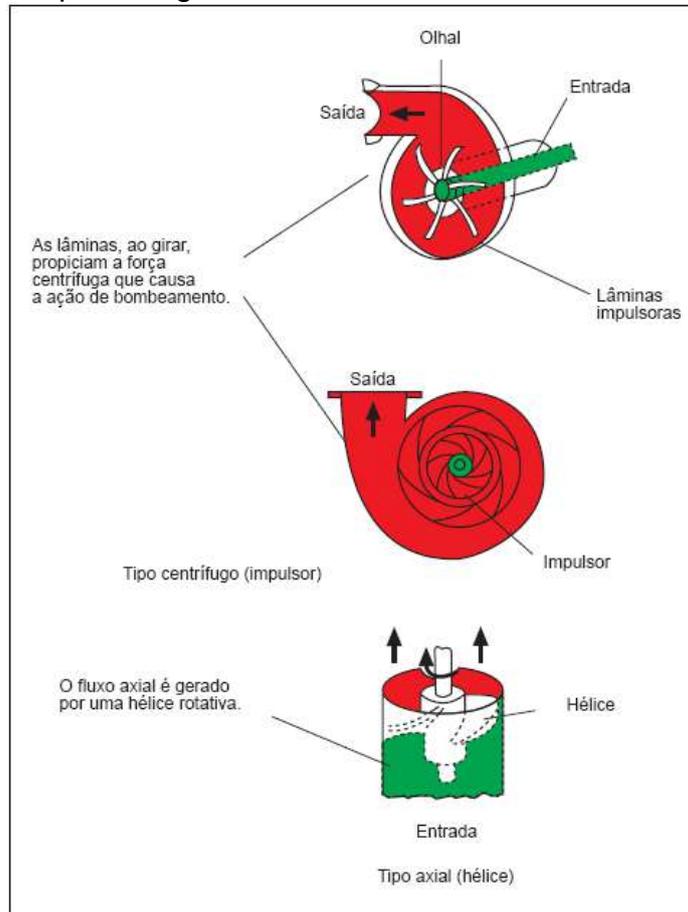


**Hidrostática**

As bombas hidráulicas são classificadas como positivas (fluxo pulsante) e não-positivas (fluxo contínuo).

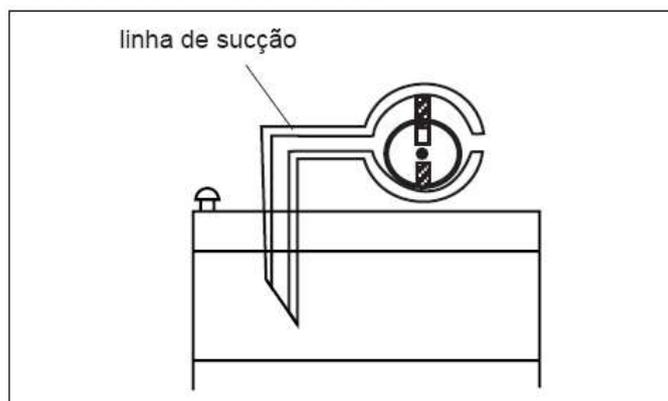
**Bombas Hidrodinâmicas**

São bombas de deslocamento **não-positivo**, usadas para transferir fluidos e cuja única resistência é a criada pelo peso do fluido e pelo atrito. Essas bombas raramente são usadas em sistemas hidráulicos, porque seu poder de deslocamento de fluido se reduz quando aumenta a resistência e também porque é possível bloquear-se completamente seu pórtico de saída em pleno regime de funcionamento da bomba.



**Localização da Bomba**

Muitas vezes, num sistema hidráulico industrial, a bomba está localizada sobre a tampa do reservatório que contém o fluido hidráulico do sistema. A linha ou duto de sucção conecta a bomba com o líquido no reservatório. O líquido, fluindo do reservatório para a bomba, pode ser considerado um sistema hidráulico separado. Mas, neste sistema, a pressão menor que a atmosférica é provocada pela resistência do fluxo. A energia para deslocar o líquido é aplicada pela atmosfera. A atmosfera e o fluido no reservatório operam juntos, como no caso de um acumulador.



## Bombas de engrenagens

A bomba de engrenagem consiste basicamente de uma carcaça com orifícios de entrada e de saída, e de um mecanismo de bombeamento composto de duas engrenagens. Uma das engrenagens, a engrenagem motora, é ligada a um eixo que é conectado a um elemento acionador principal. A outra engrenagem é a engrenagem movida.

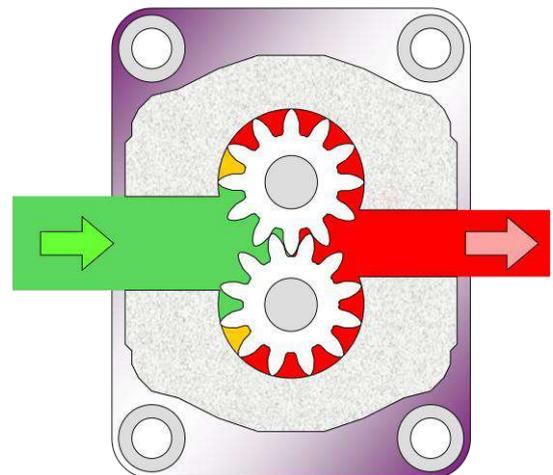


### Como funciona uma Bomba de Engrenagem

No lado da entrada, os dentes das engrenagens desengrenam, o fluido entra na bomba, sendo conduzido pelo espaço existente entre os dentes e a carcaça, para o lado da saída onde os dentes das engrenagens engrenam e forçam o fluido para fora do sistema. Uma vedação positiva neste tipo de bomba é realizada entre os dentes e a carcaça, e entre os próprios dentes de engrenamento. As bombas de engrenagem têm geralmente um projeto não compensado.

### Bomba de Engrenagem Externa

A bomba de engrenagem que foi descrita acima é uma bomba de engrenagem externa, isto é, ambas as engrenagens têm dentes em suas circunferências externas. Estas bombas são às vezes chamadas de bombas de dentes-sobre-dentes. Há basicamente três tipos de engrenagens usadas em bombas de engrenagem externa; as de engrenagens de dentes retos, as helicoidais e as que têm forma de espinha de peixe. Visto que as bombas de engrenagem de dentes retos são as mais fáceis de fabricar, este tipo de bomba é o mais comum.

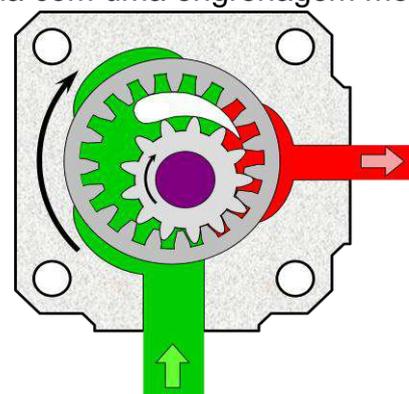


### Bomba de Engrenagem Interna

Uma bomba de engrenagem interna consiste de uma engrenagem externa cujos dentes se engrenam na circunferência interna de uma engrenagem maior. O tipo mais comum de bomba de engrenagem interna nos sistemas industriais é a bomba tipo gerotor.

### Bomba Tipo Gerotor

A bomba tipo gerotor é uma bomba de engrenagem interna com uma engrenagem motora interna e uma engrenagem movida externa. A engrenagem interna tem um dente a menos do que a engrenagem externa. Enquanto a engrenagem interna é movida por um elemento acionado, ela movimentará a engrenagem externa maior. De um lado do mecanismo de bombeamento forma-se um volume crescente, enquanto os dentes da engrenagem desengrenam. Do outro lado da bomba é formado um volume decrescente. Uma bomba tipo gerotor tem um projeto não compensado. O fluido que entra no mecanismo de



bombeamento é separado do fluido de descarga por meio de uma placa de abertura. Enquanto o fluido é impelido da entrada para a saída, uma vedação positiva é mantida, conforme os dentes da engrenagem interna seguem o contorno do topo das cristas e vales da engrenagem externa.

## Especificações das Bombas de Engrenagem

**Vazão:** Ver dados de rendimento de cada série.

**Pressão:** Ver dados de rendimento de cada série.

**Torque-Combinado:** 9,23 máximo (regime contínuo). 11 kgf.m máx.(regime intermitente). O segundo estágio da bomba não pode exceder 3kgf.m.

**Material do Corpo:** Alumínio fundido

**Temperatura de operação:** -40°C a 85°C.

**Notas de Instalação:** Ver em informações para instalação, recomendações específicas pertinentes à limpeza do sistema, fluidos start-up, condições de entrada, alinhamento do eixo, e outros importantes fatores relativos à própria instalação e uso destas bombas.

## Dados de Rendimento

O primeiro e o segundo estágios combinados não podem exceder a: 9,23 kgf.m (regime contínuo) 11 Kgf.m (regime intermitente)

O segundo estágio não pode exceder a 3 kgf.m.

Exemplo:

H39 a 172 bar = 2,19 kgf.m x 172 / 69 bar = 5,49 kgf.m

D17 a 172 bar = 0,94 kgf.m x 172 / 69 bar = 2,34 kgf.m

Torque total: 7,8 kgf.m

## Informações para instalação de Bombas de Engrenagem

### Fluidos recomendados:

O fluido deve ter viscosidade de operação na faixa de 80 a 100 SSU. Máxima viscosidade para início de fundionamento 4000 SSU.

### Filtragem:

Para uma maior vida útil da bomba e dos componentes do sistema, o fluido não deverá conter mais que 125 partículas maiores de 10 microns por milímetro de fluido (classe SAE 4).

### Fluidos compatíveis:

- Fluidos à base de petróleo
- Água glicol
- Emulsão água-óleo
- Fluido de transmissão
- Óleo mineral

**Nota:** todos os dados são para uso com fluidos à base de petróleo. Para uso com fluidos água-glicol e emulsão água-óleo, considerar metade das pressões indicadas, rotação máxima reduzida de 1000 rpm e especificar mancais do tipo "DU". Consulte o fabricante para outros fluidos especiais.

**Condições na entrada:** - Vácuo máximo 25,4 mm de Hg a 1800 rpm 12,7 m m de Hg à rotação máxima - Máxima pressão positiva: 1,4 bar

**Rotação e alinhamento do eixo:**

alinhamento entre o eixo do motor e o da bomba deve estar dentro de 0,18 mm LTI. Siga as instruções do fabricante do acoplamento durante a instalação, para prevenir que o eixo da bomba seja danificado. Afixação do motor e da bomba deve ser em bases rígidas. O acoplamento deve estar dimensionado para absorver choques e suportar o torque desenvolvido durante a operação.

**Posição de montagem:** Não há restrições

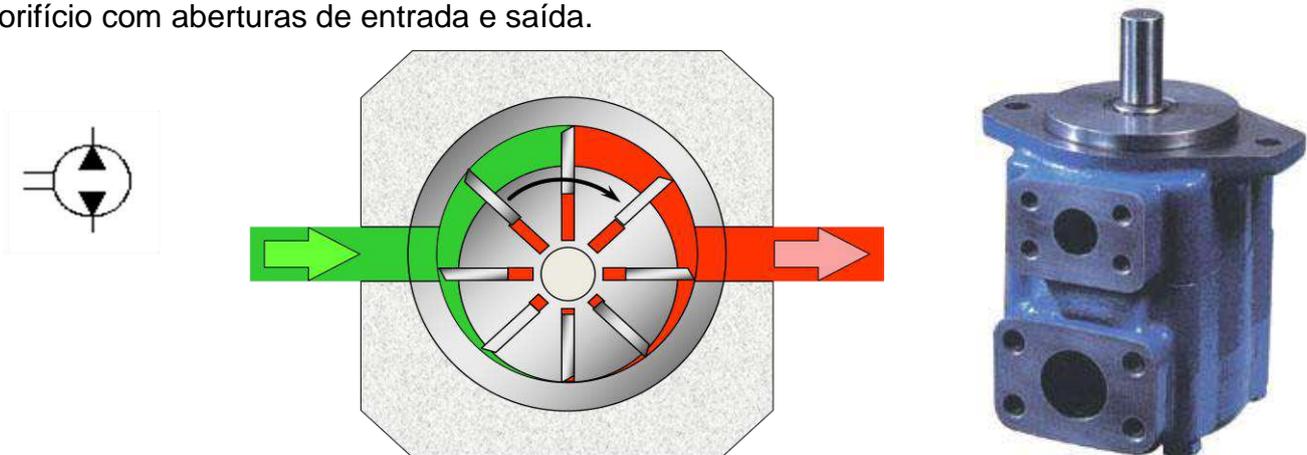
**Partida:** Quando a linha de sucção estiver vazia na partida, o circuito deverá estar aberto para tanque.

**Instalações especiais:**

Consulte o fabricante para qualquer uma das seguintes aplicações: Pressão e/ou rotação acima das indicadas, acionamento indireto, fluidos além dos especificados, temperatura acima de 85°C.

**Bombas de Palheta**

As bombas de palheta produzem uma ação de bombeamento fazendo com que as palhetas acompanhem o contorno de um anel ou carcaça. O mecanismo de bombeamento de uma bomba de palheta consiste de: rotor, palhetas, anel e uma placa de orifício com aberturas de entrada e saída.

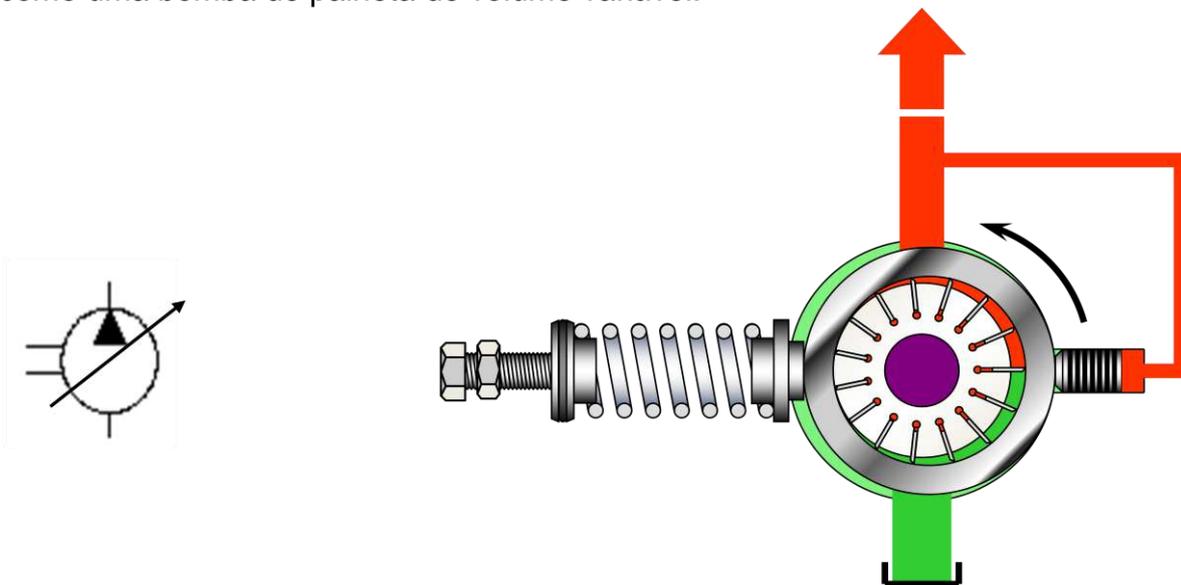


**Como trabalha uma Bomba de Palheta**

O rotor de uma bomba de palheta suporta as palhetas e é ligado a um eixo que é conectado a um acionador principal. À medida que o rotor é girado, as palhetas são “expulsas” por inércia e acompanham o contorno do cilindro (o anel não gira). Quando as palhetas fazem contato com o anel, é formada uma vedação positiva entre o topo da palheta e o anel. O rotor é posicionado fora do centro do anel. Quando o rotor é girado, um volume crescente e decrescente é formado dentro do anel. Não havendo abertura no anel, uma placa de entrada é usada para separar o fluido que entra do fluido que sai. A placa de entrada se encaixa sobre o anel, o rotor e as palhetas. A abertura de entrada da placa de orifício está localizada onde o volume crescente é formado. O orifício de saída da placa de orifício está localizado onde o volume decrescente é gerado. Todo o fluido entra e sai do mecanismo de bombeamento através da placa de orifício (as aberturas de entrada e de saída na placa de orifício são conectadas respectivamente às aberturas de entrada e de saída na carcaça das bombas).

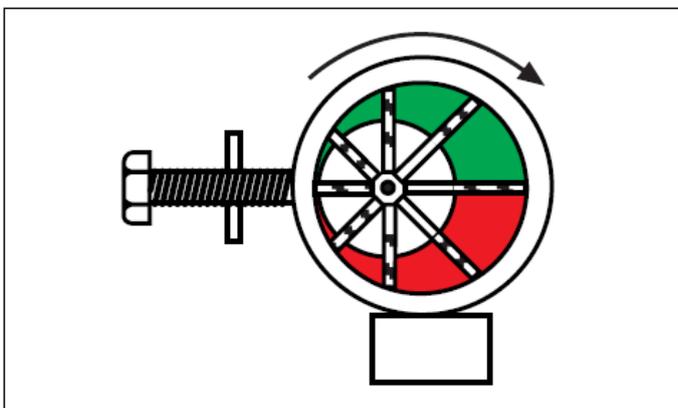
**Bombas de Palheta de Volume Variável**

Uma bomba de palheta de deslocamento positivo imprime o mesmo volume de fluido para cada revolução. As bombas industriais são geralmente operadas a 1.200 ou 1.800 rpm. Isso indica que a taxa de fluxo da bomba se mantém constante. Em alguns casos, é desejável que a taxa de fluxo de uma bomba seja variável. Um modo de se conseguir isso é variar a taxa do elemento acionador, o que é economicamente impraticável. A única alternativa, então, para variar a saída de uma bomba, é modificar o seu deslocamento. A quantidade de fluido que uma bomba de palheta desloca é determinada pela diferença entre a distância máxima e mínima em que as palhetas são estendidas e a largura das palhetas. Enquanto a bomba está operando, nada pode ser feito para modificar a largura de uma palheta. Entretanto, uma bomba de palheta pode ser projetada de modo que a distância de deslocamento das palhetas possa ser modificada, sendo essa conhecida como uma bomba de palheta de volume variável.

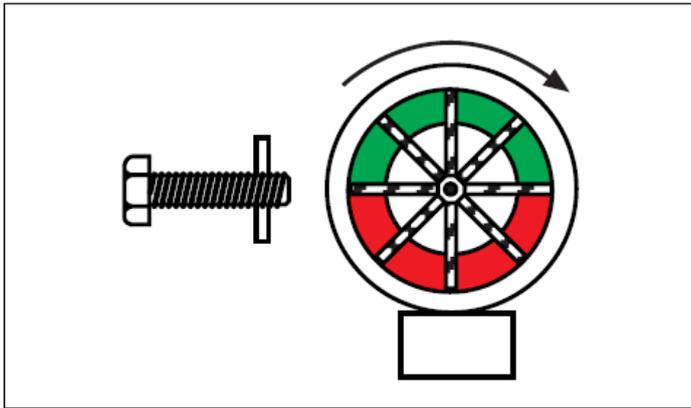


O mecanismo de bombeamento de uma bomba de palheta de volume variável consiste basicamente de um rotor, palhetas, anel, que é livre para se movimentar, placa de orifícios, um mancal para guiar um anel e um dispositivo para variar a posição do anel. Em nossa ilustração é usado um parafuso de regulagem. As bombas de palheta de volume variado são bombas desbalanceadas. Seus anéis são circulares e não têm a forma de elipse. Visto que o anel deste tipo de bomba deve ser livre para se deslocar, o mecanismo de bombeamento não vem como um conjunto montado.

**Como trabalha uma Bomba de Palheta de Volume Variável**



Com o parafuso regulado, o anel é mantido fora do centro com relação ao rotor. Quando o rotor é girado, um volume de fluxo é gerado, ocorrendo o bombeamento.



Recuando-se o parafuso de regulagem há uma redução da excentricidade do anel em relação ao rotor e, conseqüentemente, redução do volume de óleo bombeado. Com o parafuso todo recuado o anel está centrado e o deslocamento da bomba é nulo.

## Bombas de pistão



## Características da PFVH



- Conjunto Rotativo com 10 Palhetas
- Conjunto Rotativo Projetado para Facilitar Manutenção no Campo e Transformações/ Conversões
  - Alta Velocidade de Operação para Atender às Aplicações em Equipamentos Mobil.
  - Várias Opções de Bombas para Atender os Requisitos dos mais Complexos Circuitos.
  - Projeto Simples e Eficiente Grande Tolerância à contaminação do Sistema .
- Baixo Nível de Ruído, Operação Silenciosa. Balanceada Hidraulicamente para Reduzir os Esforços nos Mancais e Aumentar a Vida Útil da Bomba

## Especificações da PFVH

**Vazão\*:** Bomba Simples - 45 a 227 l/mim a 1200 RPM Bomba Dupla - 64 a 372 l/mim a 1200 RPM

**Rotações:** até 2700 RPM

**Pressões de Operação\*:** até 210 bar Contínua

**Montagens:** PFVH 25 - Flange SAE B - 2 Furos

PFVH 35 - Flange SAE C - 2 Furos

PFVH 45 - Flange SAE C - 2 Furos

**Material do Corpo:** Ferro Fundido

**Temperatura de Operação:** -40°C a 85°C

**Classe de Limpeza do Óleo:** ISO 18/15 ou Melhor

## Características da PFVI



- Conjunto Rotativo com 12 Palhetas para Operação Silenciosa, Baixo Nível de Ruído
- Conjunto Rotativo Projetado para Facilitar Manutenção no Campo e Transformações/Conversões
- Várias Opções de Bombas para Atender os Mais Complexos Circuitos
- Projeto Simples e Eficiente
- Grande Tolerância à Contaminação do Sistema
- Balanceada Hidraulicamente para Reduzir os Esforços nos Mancais e Aumentar a Vida Útil da Bomba

## Especificações da PFVI

**Vazão\*:** Bomba Simples - 45 a 227 l/mim a 1200 RPM

Bomba Dupla - 64 a 372 l/mim a 1200 RPM

**Rotações:** até 1800 RPM

**Pressões de Operação\*:** até 175 bar Contínua

**Montagens:** PFVI 25 - Flange SAE B - 2 Furos

PFVI 35 - Flange SAE C - 2 Furos

PFVI 45 - Flange SAE C - 2 Furos

**Material do Corpo:** Ferro Fundido

**Temperatura de Operação:** -40°C a 85°C

**Classe de Limpeza do Óleo:** ISO 18/15 ou Melhor

## Informações sobre Instalação:

### Fluido Recomendado

Recomenda-se o uso de óleo hidráulico de primeira linha com viscosidade entre 30 e 50 cST (150 – 250 SSU) a 38°C. A viscosidade normal de operação é entre 17 e 180 cST (80 - 1000 SSU). A viscosidade máxima na partida é 1000 cST (4000 SSU). Fluidos minerais com aditivos antidesgaste e inibidores de oxidação e ferrugem são os preferidos. Fluidos sintéticos, água-glicol e emulsões de água-óleo podem ser utilizados com restrições.

### Filtragem

O sistema hidráulico deve estar protegido contra contaminação a fim de aumentar a vida útil da bomba e dos seus componentes. O fluido deve ser filtrado durante o enchimento e continuamente durante a operação, para manter o nível de contaminação em ISO 18/15 ou melhor. Recomenda-se o uso de filtro de sucção de 149 microns absoluto (100 "mesh") com "bypass" e filtro de retorno de 10 microns absoluto. A substituição dos elementos deve ocorrer após as primeiras 487 horas de operação em uma instalação nova, e posteriormente a cada 500 horas de operação, ou de acordo com as instruções do fabricante do filtro.

### Montagem e Alinhamento

As bombas podem ser montadas em qualquer posição. A posição preferencial é com o eixo na horizontal. Os flanges SAE B ou C com 2 furos são padrões para ambos os tipos de eixo, chavetado ou estriado. Em acoplamentos diretos os eixos da bomba e do motor devem estar alinhados dentro de 0,1 mm LTI. Evite aplicações que induzam esforços radiais e laterais no eixo.

## Partida

Antes de dar partida à bomba, os seguintes itens devem ser verificados: O sentido de rotação do motor deve estar de acordo com o sentido de rotação indicado no código existente na plaqueta de identificação da bomba. Eixos estriados devem ser lubrificados com graxa anticorrosiva ou lubrificante similar. A carcaça da bomba deve ser enchida com óleo. Nunca deve ser dada partida à bomba seca ou fazê-la funcionar sem óleo. Observe as recomendações quanto à filtragem do fluido. As conexões de entrada e saída de óleo devem estar apertadas e instaladas adequadamente. Todos os parafusos e flanges de fixação devem estar apertados e alinhados. Durante a partida, a válvula de alívio do sistema deve ter a pressão reduzida, preferencialmente na regulação mínima. Na partida, inicie a bomba pelo procedimento de ligar-desligar-ligar, até que se inicie a sucção e fluxo normal. Sangrar o ar do sistema até que um fluxo constante de óleo seja observado.

## Operação

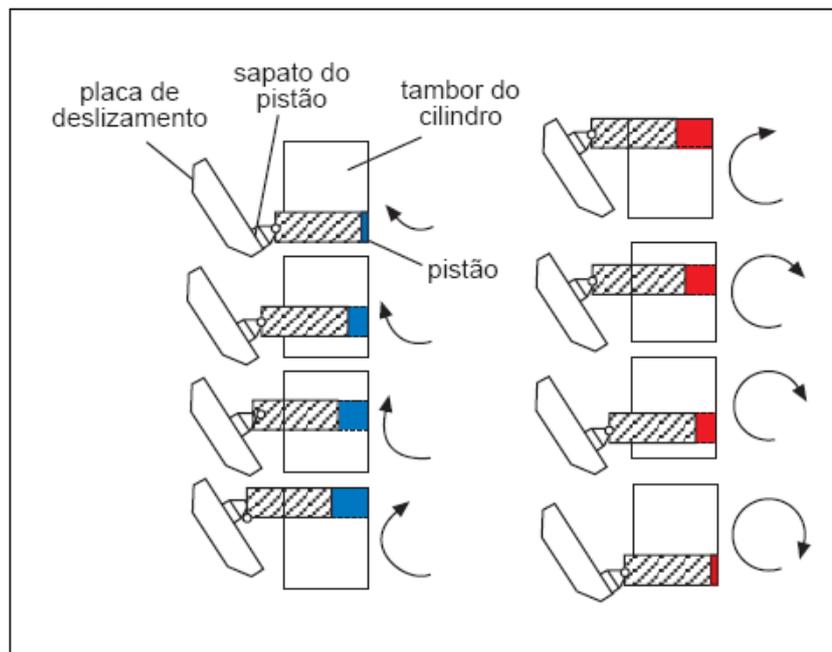
Eleve lentamente a pressão da válvula de alívio até atingir o valor de ajuste para operação normal. Verifique e elimine qualquer vazamento em tubulações, conexões e componentes. A sua bomba de palhetas Parker terá uma vida longa e operação confiável e eficiente.

**Nota:** Para maiores informações de vazão e rotação, consulte as informações técnicas de cada modelo.

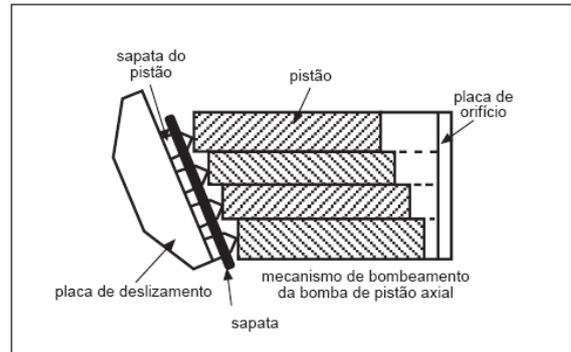
As bombas de pistão geram uma ação de bombeamento, fazendo com que os pistões se alterem dentro de um tambor cilíndrico. O mecanismo de bombeamento de uma bomba de pistão consiste basicamente de um tambor de cilindro, pistões com sapatas, placa de deslizamento, sapata, mola de sapata e placa de orifício.

## Como funciona uma Bomba de Pistão

No exemplo da ilustração a seguir, um tambor de cilindro com um cilindro é adaptado com um pistão. A placa de deslizamento é posicionada a um certo ângulo. A sapata do pistão corre na superfície da placa de deslizamento.



Quando um tambor de cilindro gira, a sapata do pistão segue a superfície da placa de deslizamento (a placa de deslizamento não gira). Uma vez que a placa de deslizamento está a um dado ângulo o pistão alterna dentro do cilindro. Em uma das metades do ciclo de rotação, o pistão sai do bloco do cilindro e gera um volume crescente. Na outra metade do ciclo de rotação, este pistão entra no bloco e gera um volume decrescente.

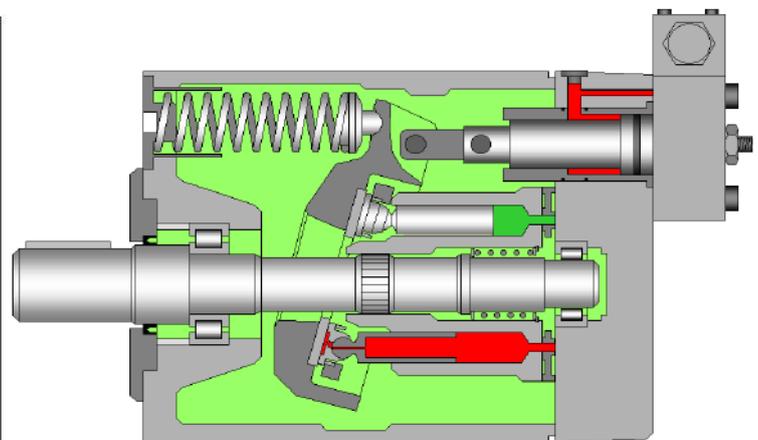
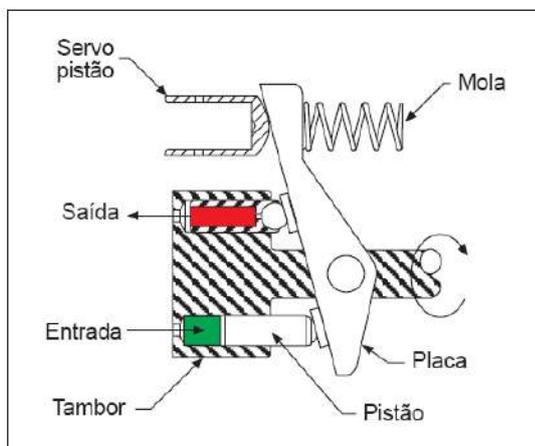


Na prática, o tambor do cilindro é adaptado com muitos pistões. As sapatas dos pistões são forçadas contra a superfície da placa de deslizamento pela sapata e pela mola. Para separar o fluido que entra do fluido que sai, uma placa de orifício é colocada na extremidade do bloco do cilindro, que fica do lado oposto ao da placa de deslizamento.

Um eixo é ligado ao tambor do cilindro, que o conecta ao elemento acionado. Este eixo pode ficar localizado na extremidade do bloco, onde há fluxo, ou, como acontece mais comumente, ele pode ser posicionado na extremidade da placa de deslizamento. Neste caso, a placa de deslizamento e a sapata têm um furo nos seus centros para receber o eixo. Se o eixo estiver posicionado na outra extremidade, a placa de orifício tem o furo do eixo. A bomba de pistão que foi descrita acima é conhecida como uma bomba de pistão em linha ou axial, isto é, os pistões giram em torno do eixo, que é coaxial com o eixo da bomba. As bombas de pistão axial são as bombas de pistão mais populares em aplicações industriais. Outros tipos de bombas de pistão são as bombas de eixo inclinado e as de pistão radial.

**Bombas de Pistão Axial de Volume Variável**

O deslocamento da bomba de pistão axial é determinado pela distância que os pistões são puxados para dentro e empurrados para fora do tambor do cilindro. Visto que o ângulo da placa de deslizamento controla a distância em uma bomba de pistão axial, nós devemos somente mudar o ângulo da placa de deslizamento para alterar o curso do pistão e o volume da bomba. Com a placa de deslizamento posicionada a um ângulo grande, os pistões executam um curso longo dentro do tambor do cilindro. Com a placa de deslizamento posicionada a um ângulo pequeno, os pistões executam um curso pequeno dentro do tambor do cilindro.

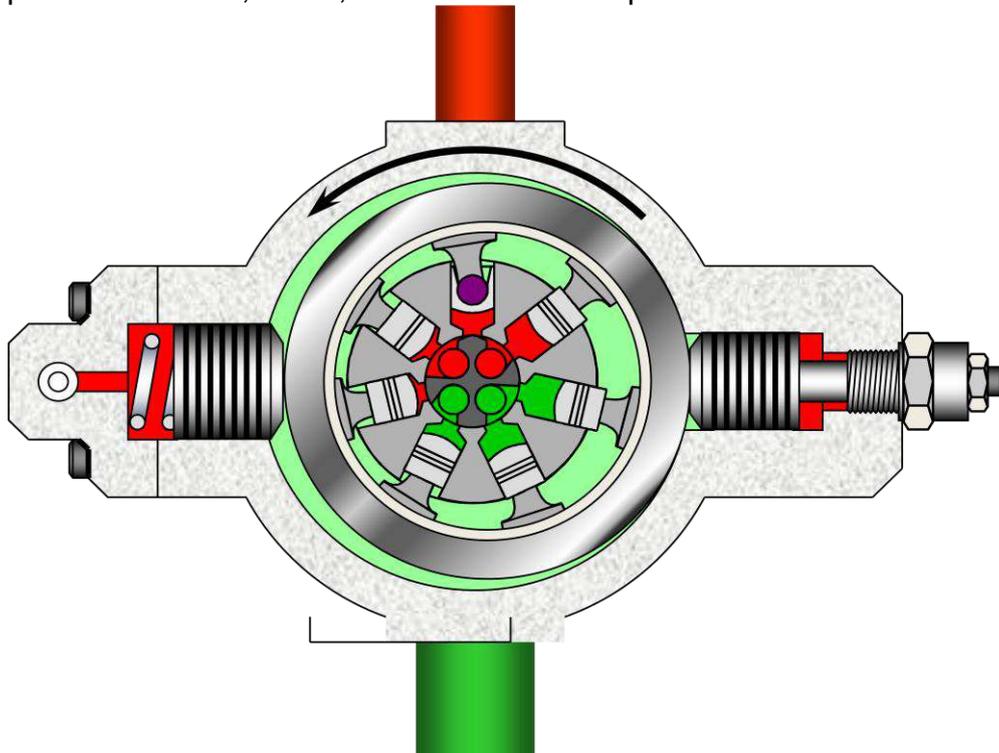


Variando-se um ângulo da placa de deslizamento, o fluxo de saída da bomba pode ser alterado. Vários meios para variar o ângulo da placa de deslizamento são oferecidos por

diversos fabricantes. Estes meios vão desde um instrumento de alavanca manual até uma sofisticada servoválvula.

### Bombas de Pistões Radiais

Neste tipo de bomba, o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor. Conforme vai girando, a força centrífuga faz com que os pistões sigam o controle do anel, que é excêntrico em relação ao bloco de cilindros. Quando os pistões começam o movimento alternado dentro de seus furos, os pórticos localizados no pivô permitem que os pistões puxem o fluido do pórtico de entrada quando estes se movem para fora, e descarregam o fluido no pórtico de saída quando os pistões são forçados pelo contorno do anel, em direção ao pivô. O deslocamento de fluido depende do tamanho e do número de pistões no conjunto, bem como do curso dos mesmos. Existem modelos em que o deslocamento de fluido pode variar, modificando-se o anel para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. Existem, ainda, controles externos para esse fim.



### Especificações das bombas de pistão

#### Faixas de Pressão

**Orifício de Saída:** 248 bar - 3600 psi – Contínuo 345 bar - 5000 psi - Pico

**Orifício de Entrada:** 0,69 bar - 10 psi máximo (não exceder)

**Condições de Entrada:** Não exceder 5 in Hg de vácuo máximo a 1800 RPM com fluido à base de petróleo. Para velocidade especial recomenda-se ver condições específicas de entrada.

**Dreno de Carcaça:** 0,35 bar - 5 psi de diferencial máximo sobre o orifício de entrada 1,03 bar - 15 psi máximo

**Faixa de Velocidade:** 600 - 2600 RPM

**Faixa de Temperatura:** -40°F a 160°F - 4,5°C a 71 °C

**Material do Corpo:** Ferro Fundido

**Filtragem:** Iso 16/13 recomendado Iso 18/15 máximo

**Montagem:** SAE "B" 2 - Parafusos

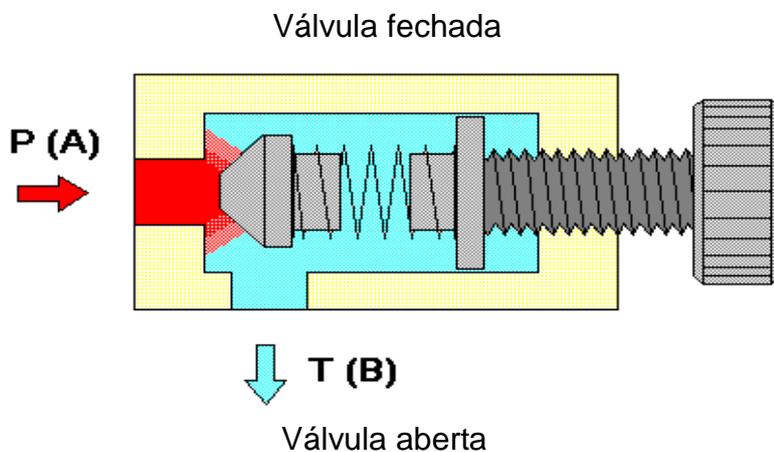
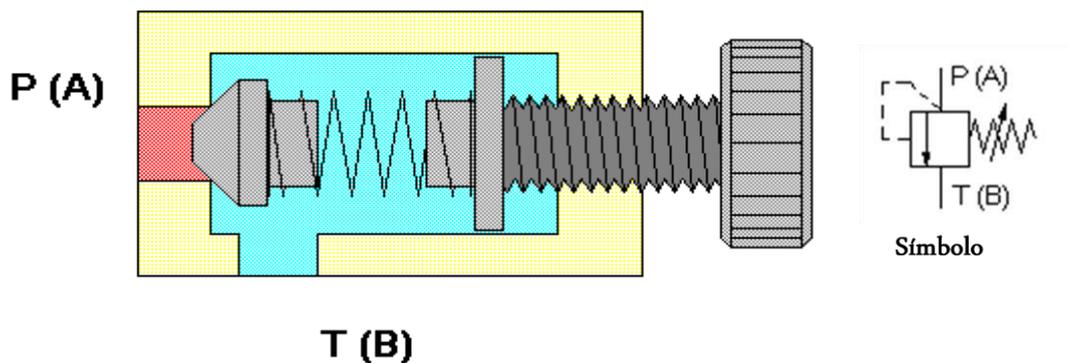
## VÁLVULAS DE CONTROLE DE PRESSÃO

### Generalidades

As válvulas, em geral, servem para controlar a pressão, a direção ou o volume de um fluido nos circuitos hidráulicos. As válvulas que estudaremos nesta unidade são do tipo controladoras de pressão, que são usadas na maioria dos sistemas hidráulicos industriais. Essas válvulas são utilizadas 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.

São classificadas de acordo com o tipo de conexão, pelo tamanho e pela faixa de operação. A base de operação dessas válvulas é um balanço entre pressão e força da mola. A válvula pode assumir várias posições, entre os limites de totalmente fechada a totalmente aberta.

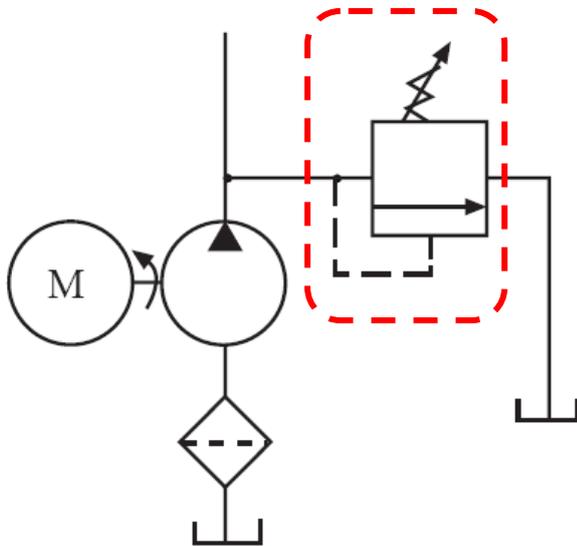


As válvulas controladoras de pressão são usualmente assim chamadas por suas funções primárias abaixo relacionadas.

- Válvula de Segurança
- Válvula de Seqüência
- Válvula de Descarga
- Válvula Redutora de Pressão
- Válvula de Frenagem
- Válvula de Contrabalanço

### Válvula limitadora de pressão

A pressão máxima do sistema pode ser controlada com o uso de uma válvula de pressão normalmente fechada. Com a via primária da válvula conectada à pressão do sistema e a via secundária conectada ao tanque, o carretel no corpo da válvula é acionado por um nível predeterminado de pressão, e neste ponto as vias primárias e secundárias são conectadas e o fluxo é desviado para o tanque.



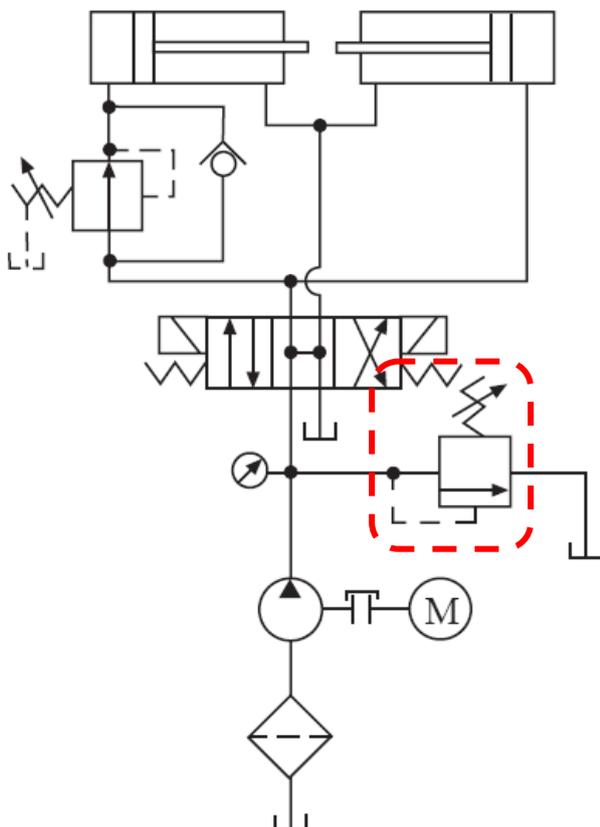
o carretel no corpo da válvula é acionado por um nível predeterminado de pressão, e neste ponto as vias primárias e secundárias são conectadas e o fluxo é desviado para o tanque. Esse tipo de controle de pressão normalmente fechado é conhecido como válvula limitadora de pressão.

#### Ajustamento de Pressão

Numa válvula de controle de pressão, a pressão da mola é usualmente variada pela regulagem de um parafuso que comprime ou descomprime a mola.

### Como se utilizar uma Válvula de Pressão Normalmente Fechada(NF)

As válvulas de controle de pressão normalmente fechadas têm muitas aplicações num sistema hidráulico. Além de a válvula ser usada como um alívio do sistema, um controle de pressão normalmente fechado pode ser usado para fazer com que uma operação ocorra antes da outra. Pode também ser usada para contrabalancear forças mecânicas externas que atuam no sistema.

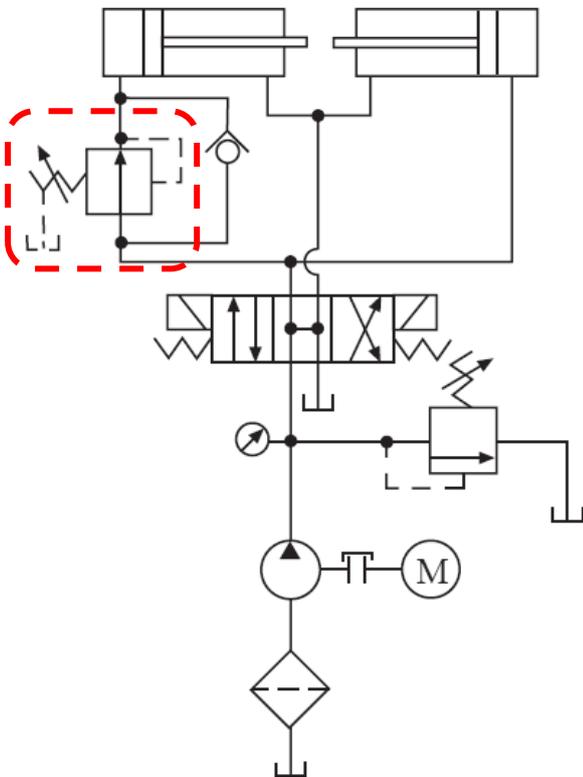


### Válvula de Seqüência

Uma válvula de controle de pressão normalmente fechada, que faz com que uma operação ocorra antes da outra, é conhecida como válvula de seqüência.

#### Como funciona uma válvula de Seqüência no Circuito

Num circuito com operações de fixação e usinagem, o cilindro de presilhamento deve avançar antes do cilindro da broca. Para que isto aconteça, uma válvula de seqüência é colocada na linha do circuito, imediatamente antes do cilindro da broca. A mola na válvula de seqüência não permitirá que o carretel interligue as vias primárias e secundárias até que a pressão seja maior do que a mola. O fluxo para o cilindro da broca é bloqueado. Desta maneira, o cilindro de presilhamento avançará primeiro. Quando o grampo entra em contato com a peça, a bomba aplica mais pressão para vencer a resistência. Esse aumento de pressão desloca o carretel na válvula de seqüência. As vias principal e secundária são interligadas. O fluxo vai para o cilindro da broca.

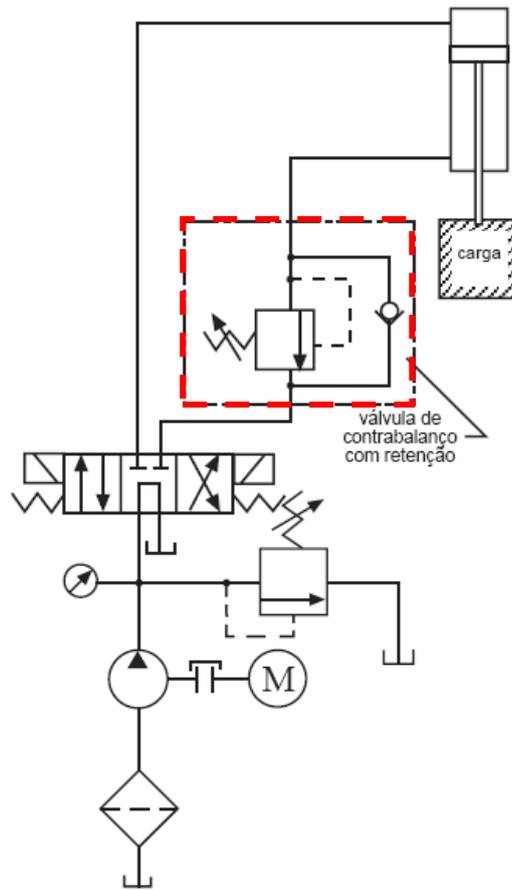


### Válvula de Contrabalanço

Uma válvula de controle de pressão normalmente fechada pode ser usada para equilibrar ou contrabalancear um peso, tal como o da prensa a que nos referimos. Esta válvula é chamada de válvula de contrabalanço.

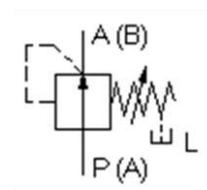
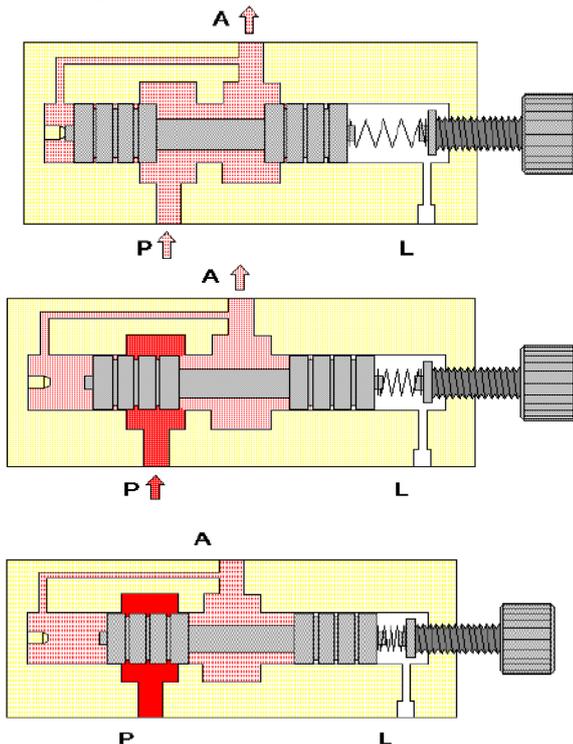
#### Válvula de Contrabalanço no Circuito

Num circuito de uma prensa, quando a válvula direcional remete fluxo para o lado traseiro do atuador, o peso fixado à haste cairá de maneira incontrolável. O fluxo da bomba não conseguirá manter-se. Para evitar esta situação, uma válvula de pressão normalmente fechada é instalada abaixo do cilindro da prensa. O carretel da válvula não conectará as vias principal e secundária até que uma pressão, que é transmitida à extremidade do carretel, seja maior do que a pressão desenvolvida pelo peso (isto é, quando a pressão do fluido estiver presente no lado traseiro do pistão). Deste modo, o peso é contrabalanceado em todo o seu curso descendente.



**Válvula de Pressão Normalmente Aberta**

Uma válvula de controle de pressão normalmente fechada tem as vias primária e secundária separadas, e a pressão, na base do carretel, é transmitida da via primária. Uma válvula de pressão normalmente aberta tem as vias primária e secundária interligadas, e a pressão, na base do carretel, é transmitida da via secundária.



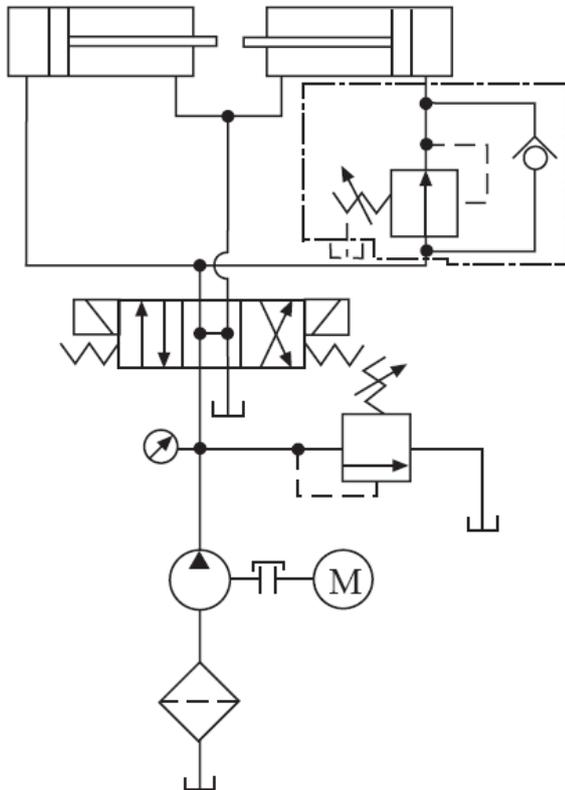
Símbolo

### Válvula redutora de pressão

Uma válvula redutora de pressão é uma válvula de controle de pressão normalmente aberta. Uma válvula redutora de pressão opera sentindo a pressão do fluido depois de sua via através da válvula. A pressão nestas condições é igual à pressão ajustada da válvula, e o carretel fica parcialmente fechado, restringindo o fluxo. Esta restrição transforma todo o excesso de energia de pressão, adiante da válvula, em calor. Se cair a pressão depois da válvula, o carretel se abrirá e permitirá que a pressão aumente novamente.

### Válvula Redutora de Pressão no Circuito

O circuito de fixação mostrado na ilustração requer que o grampo do cilindro B aplique uma força menor do que o grampo do cilindro A. Uma válvula redutora de pressão colocada logo em seguida ao cilindro B permitirá que o fluxo vá para o cilindro até que a pressão atinja a da regulagem da válvula. Neste ponto, o carretel da válvula é acionado, causando uma restrição àquela linha do circuito. O excesso de pressão, adiante da válvula, é transformado em calor. O cilindro B grampeia a uma pressão reduzida.



### VÁLVULAS DE CONTROLE DIRECIONAL

As válvulas de controle direcional consistem de um corpo com passagens internas que são conectadas e desconectadas por uma parte móvel. Nas válvulas direcionais, e na maior parte das válvulas hidráulicas industriais, conforme já vimos, a parte móvel é o carretel. As válvulas de carretel são os tipos mais comuns de válvulas direcionais usados em hidráulica industrial.

### Identificação de uma Válvula de Controle Direcional

As válvulas de controle direcional são representadas nos circuitos hidráulicos através de símbolos gráficos. Para identificação da simbologia devemos considerar:

- Número de posições
- Número de vias
- Posição normal

- Tipo de acionamento

**Número de Posições**

As válvulas são representadas graficamente por quadrados. O número de quadrados unidos representa o número de posições ou manobras distintas que uma válvula pode assumir.

Devemos saber que uma válvula de controle direcional possui no mínimo dois quadrados, ou seja, realiza no mínimo duas manobras.



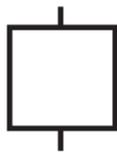
02 POSIÇÕES



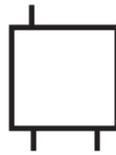
03 POSIÇÕES

**Número de Vias**

O número de vias de uma válvula de controle direcional corresponde ao número de conexões úteis que uma válvula pode possuir.



02 VIAS

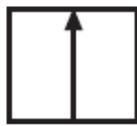


03 VIAS

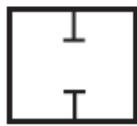


04 VIAS

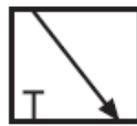
Nos quadrados representativos de posição podemos encontrar vias de passagem, vias de bloqueio ou a combinação de ambas.



PASSAGEM



BLOQUEIO

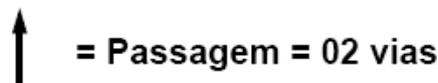


AMBAS

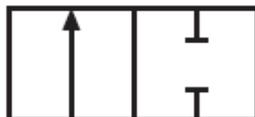


AMBAS

Para fácil compreensão do número de vias de uma válvula de controle direcional podemos também considerar que:



**Observação:** Devemos considerar apenas a identificação de um quadrado. O número de vias deve corresponder nos dois quadrados.



**Posição Normal**

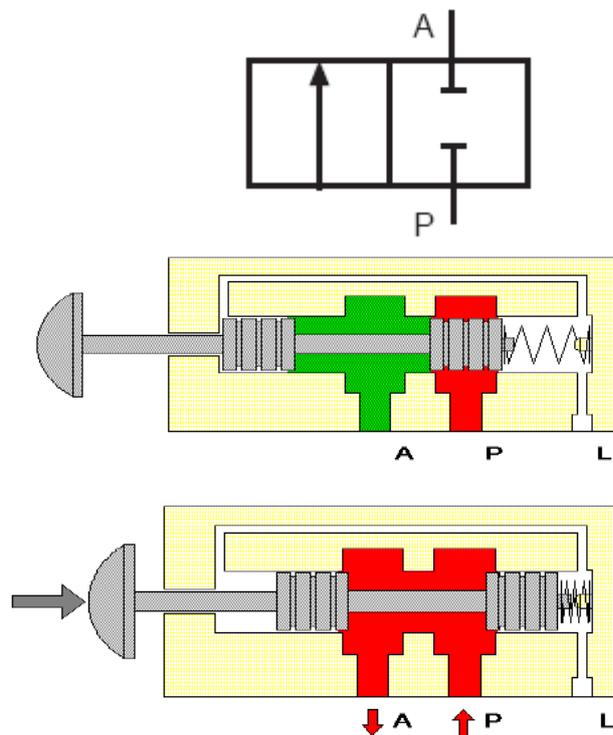
Posição normal de uma válvula de controle direcional é a posição em que se encontram os elementos internos quando a mesma não foi acionada. Esta posição geralmente é mantida por força de uma mola.

**Tipo de Acionamento**

O tipo de acionamento de uma válvula de controle direcional define a sua aplicação no circuito, estes acionamentos podem ocorrer por força muscular, mecânica, pneumática, hidráulica ou elétrica.

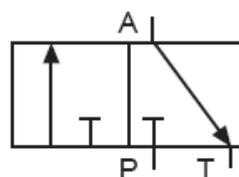
**Válvula Direcional de 2/2 Vias**

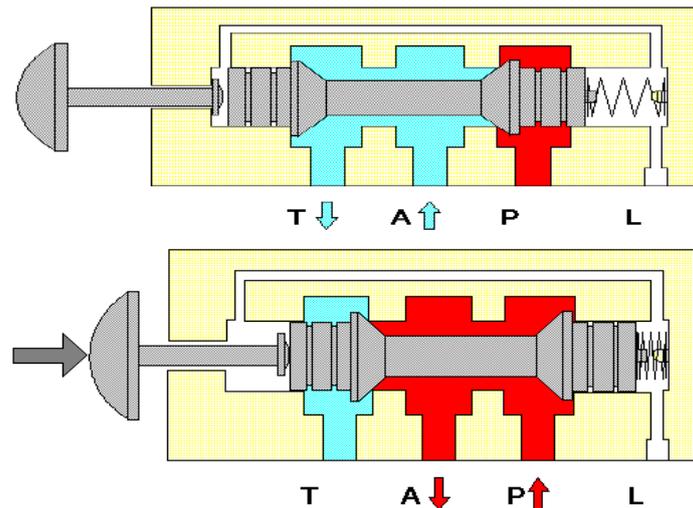
Uma válvula direcional de 2 vias consiste de duas passagens que são conectadas e desconectadas. Em uma posição extrema do carretel, o curso de fluxo é aberto através da válvula. No outro extremo não há fluxo através da válvula. Uma válvula de 2 vias executa uma função de liga-desliga. Esta função é usada em muitos sistemas, como trava de segurança e para isolar ou conectar várias partes do sistema.



**Válvula Direcional de 3/2 Vias**

Uma válvula de 3 vias consiste de três passagens dentro de um corpo de válvula - via de pressão, via de tanque e uma via de utilização. A função desta válvula é pressurizar o orifício de um atuador. Quando o carretel está posicionado no outro extremo, a válvula esvazia o mesmo orifício do atuador. Em outras palavras, a válvula pressuriza e esvazia alternadamente um orifício do atuador.

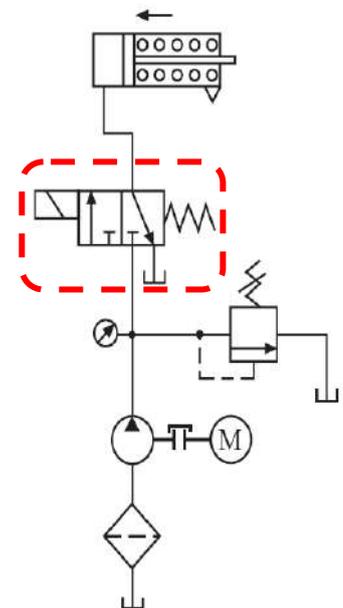




**Válvulas Direcionais de 3 Vias, no Circuito**

Uma válvula direcional de 3 vias é usada para operar atuadores de ação simples, como cilindros, martelos e cilindros com retorno por mola. Nestas aplicações, a válvula de 3 vias remete pressão do fluido e o fluxo para o lado traseiro do cilindro. Quando o carretel é acionado para a outra posição extrema, o fluxo para o atuador é bloqueado. Ao mesmo tempo a via do atuador, dentro do corpo, é conectada ao tanque. Um cilindro martelo vertical retorna pelo seu próprio peso, ou pelo peso de sua carga, quando a via do atuador de uma válvula de 3 vias é drenada para o tanque. Num cilindro de retorno de mola, a haste do pistão é retornada por uma mola que está dentro do corpo do cilindro.

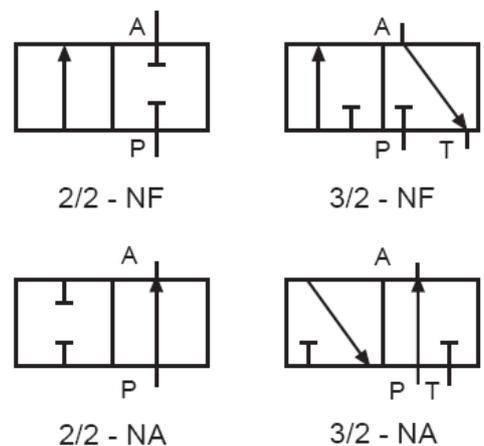
Em aplicações hidráulicas industriais, geralmente não são encontradas válvulas de 3 vias. Se uma função de 3 vias for requerida, uma válvula de 4 vias é convertida em uma válvula de 3 vias, plugando-se uma via do atuador.



**Válvulas Normalmente Abertas(NA) e Válvulas Normalmente Fechadas(NF)**

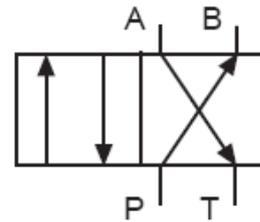
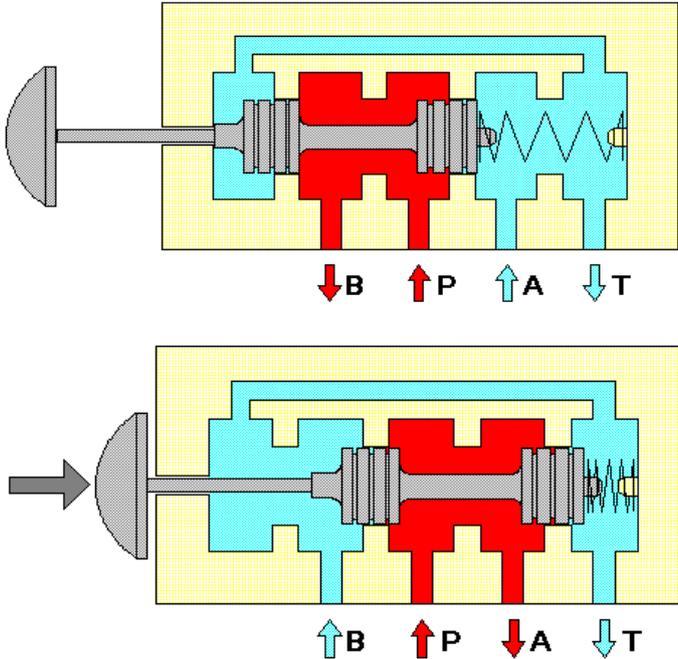
As válvulas de 2 vias e as válvulas de 3 vias com retorno por mola podem ser tanto normalmente abertas como normalmente fechadas, isto é, quando o atuador não está energizado, o fluxo pode passar ou não através da válvula. Numa válvula de 3 vias e duas

posições, por haver sempre uma passagem aberta através da válvula, o “normalmente fechada” indica que a passagem “p” fica bloqueada quando o acionador da válvula não é energizado. Quando as válvulas direcionais de retorno por mola são mostradas simbolicamente no circuito, a válvula é posicionada no circuito para mostrar a sua condição normal.



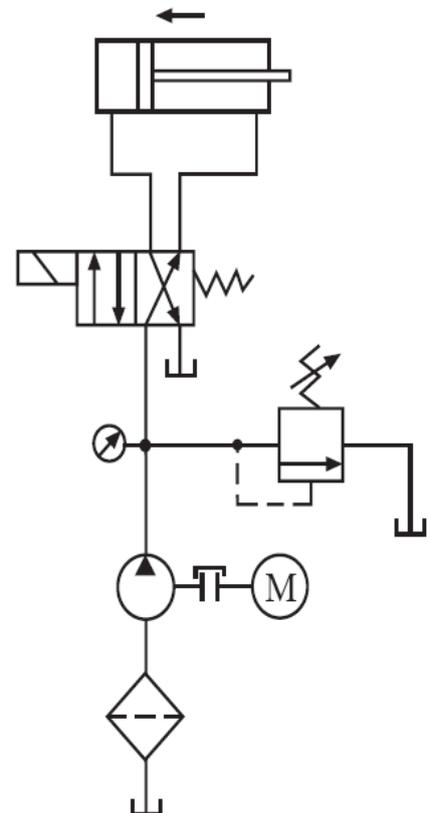
**Válvula Direcional de 4/2 Vias**

A função de uma válvula direcional de 4 vias é causar o movimento de reversão de um cilindro ou de um motor hidráulico. Para desempenhar esta função, o carretel dirige o fluxo de passagem da bomba para uma passagem do atuador quando ele está em uma posição extrema. Ao mesmo tempo, o carretel é posicionado para que a outra passagem do atuador seja descarregada para o tanque.

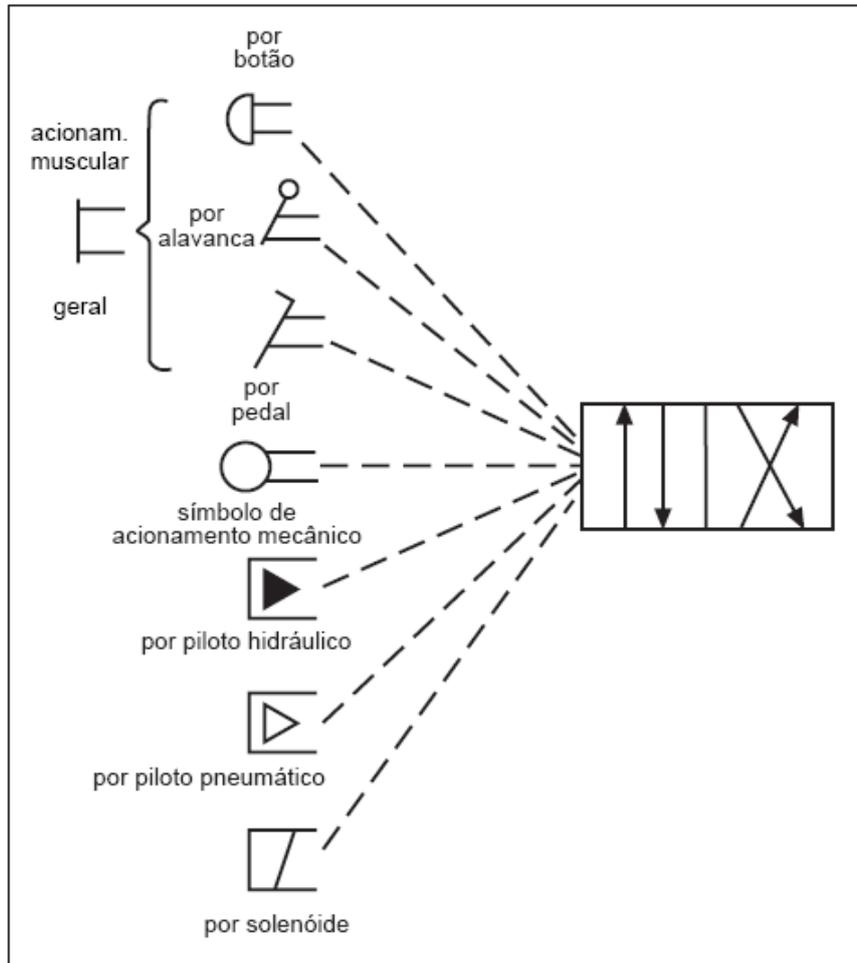


**Válvulas Direcionais de 4/2 Vias, no Circuito**

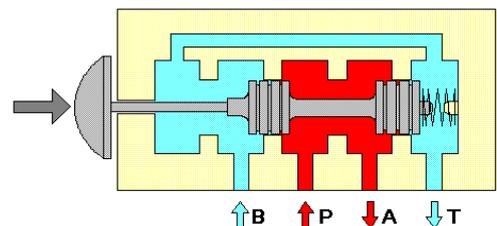
Visto que todas as válvulas são compostas de um corpo e de uma parte interna móvel, a parte móvel de todas as válvulas tem pelo menos duas posições, ambas nos extremos. Estas duas posições, numa válvula direcional, são representadas por dois quadrados separados. Cada quadrado mostra, por meio de setas, como o carretel está conectado às vias dentro do corpo, naquele ponto. Quando a válvula é mostrada simbolicamente, os dois quadrados são conectados juntos, mas quando colocada num circuito, somente um quadrado é conectado ao circuito. Com este arranjo, a condição da válvula permite a visualização do movimento do cilindro em uma direção. Para visualizar o atuador se movendo na direção oposta, sobreponha mentalmente um dos quadrados do símbolo ao outro, dentro do circuito.



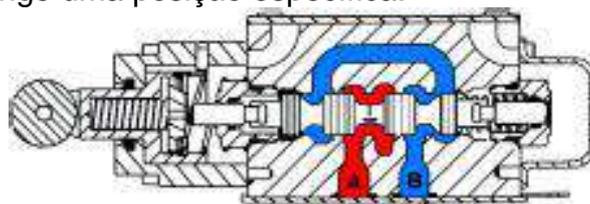
**Acionamento de válvulas direcionais**



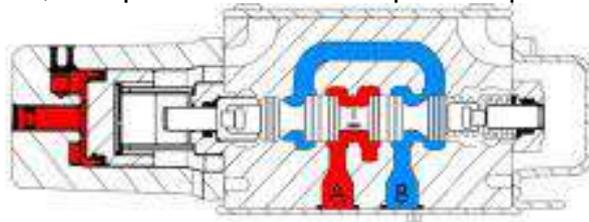
Nós vimos que o carretel de uma válvula direcional pode estar posicionado em uma ou outra posição extrema. O carretel é movido para essas posições por energia mecânica, elétrica, hidráulica, pneumática ou muscular. As válvulas direcionais cujos carretéis são movidos por força muscular são conhecidas como válvulas operadas manualmente ou válvulas acionadas manualmente. Os tipos de acionadores manuais incluem alavancas, botões de pressão e pedais.



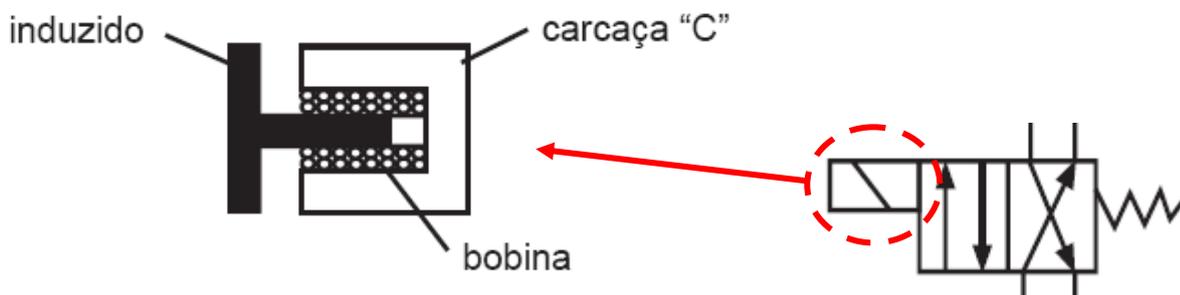
Os atuadores manuais são usados em válvulas direcionais cuja operação deve ser sequenciada e controlada ao arbítrio do operador. Um tipo muito comum de atuador mecânico é o rolete. O rolete é atuado por um came que está ligado a um acionador. O atuador mecânico é usado quando a mudança de uma válvula direcional deve ocorrer ao tempo que o atuador atinge uma posição específica.



Os carretéis das válvulas direcionais podem também ser acionados por pressão de fluido, tanto a ar como hidráulica. Nestas válvulas, a pressão do piloto é aplicada nas duas sapatas laterais do carretel, ou aplicada em uma sapata ou pistão de comando.

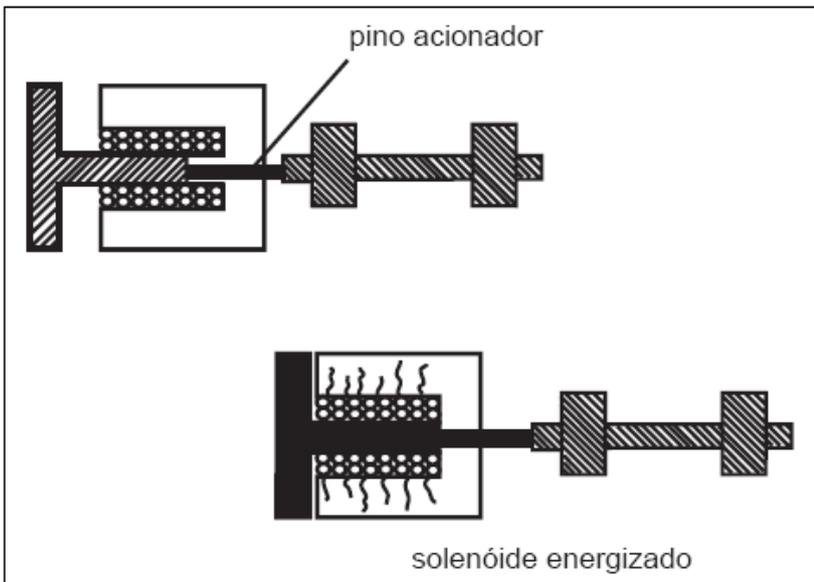


Um dos meios mais comuns de operação de uma válvula direcional é por solenóide. Um solenóide é um dispositivo elétrico que consiste basicamente de um induzido, uma carcaça "C" e uma bobina. A bobina é enrolada dentro da carcaça "C". O carretel fica livre para se movimentar dentro da bobina.



**Como Funciona um Solenóide**

Quando uma corrente elétrica passa pela bobina, gera-se um campo magnético. Este campo magnético atrai o induzido e o empurra para dentro da bobina. Enquanto o induzido entra na bobina, ele fica em contato com um pino acionador e desloca o carretel da válvula direcional para uma posição extrema.



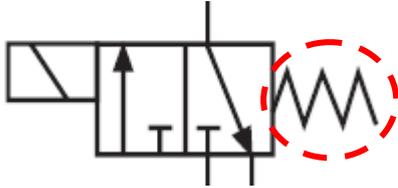
**Limitações do Solenóide**

As válvulas direcionais operadas por solenóide têm algumas limitações. Quando um sistema hidráulico é usado num ambiente úmido ou explosivo, não se deve usar solenóides comuns. Quando a vida de uma válvula direcional deve ser extremamente longa, geralmente a válvula de solenóide controlada eletricamente é inadequada. Provavelmente, a maior desvantagem dos solenóides

é que a força que eles podem desenvolver para deslocar o carretel de uma válvula direcional é limitada. De fato, a força requerida para deslocar o carretel de uma válvula direcional é substancial, nos tamanhos maiores.

### Retorno por Mola

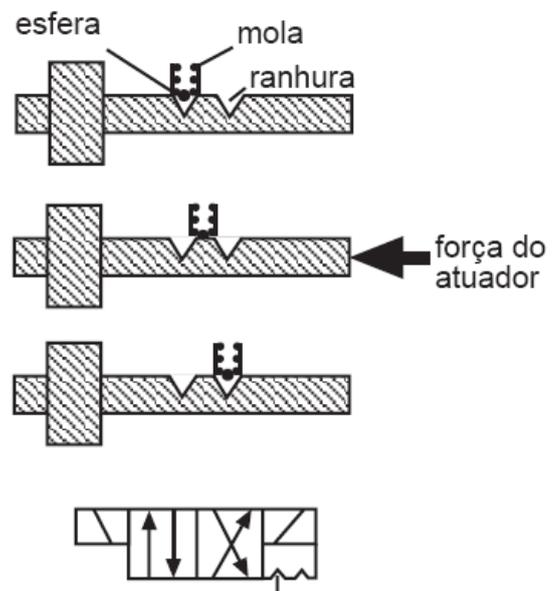
Uma válvula direcional de 2 posições geralmente usa um tipo de atuador para acionar o carretel da válvula direcional para uma posição extrema. O carretel é geralmente retornado para a sua posição original por meio de uma mola. As válvulas de 2 posições desta natureza são conhecidas como válvulas com retorno por mola.



### Pino de Trava (Detente)

Se dois acionadores são usados para deslocar o carretel de uma válvula de duas posições, às vezes há necessidade de travamento. A trava é um mecanismo de posicionamento que mantém o carretel numa dada posição. O carretel de uma válvula com trava é equipado com ranhuras ou rasgos. Cada ranhura é um receptáculo para uma peça móvel carregada por mola. Na trava ilustrada, a peça móvel é uma esfera. Com a esfera na ranhura, o carretel é deslocado, a esfera é forçada para fora de uma ranhura e para dentro de outra. As válvulas direcionais equipadas com travas não precisam manter os seus acionadores energizados para se manter na posição.

**Nota:** Somente uma energização momentânea do solenóide é necessária para deslocar o êmbolo e mantê-lo posicionado, numa válvula com detente. A mínima duração do sinal deve ser de aproximadamente 0,1 segundos para ambas as tensões CA e CC. O êmbolo será mantido em sua posição travada, somente se a válvula for montada na condição horizontal e sem a presença de choques hidráulicos e vibrações.

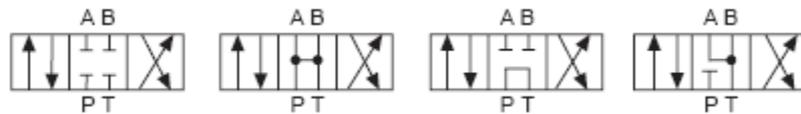


válvula direcional de 4 vias com trava, operada por solenóide de duas posições

### Tipos de Centro

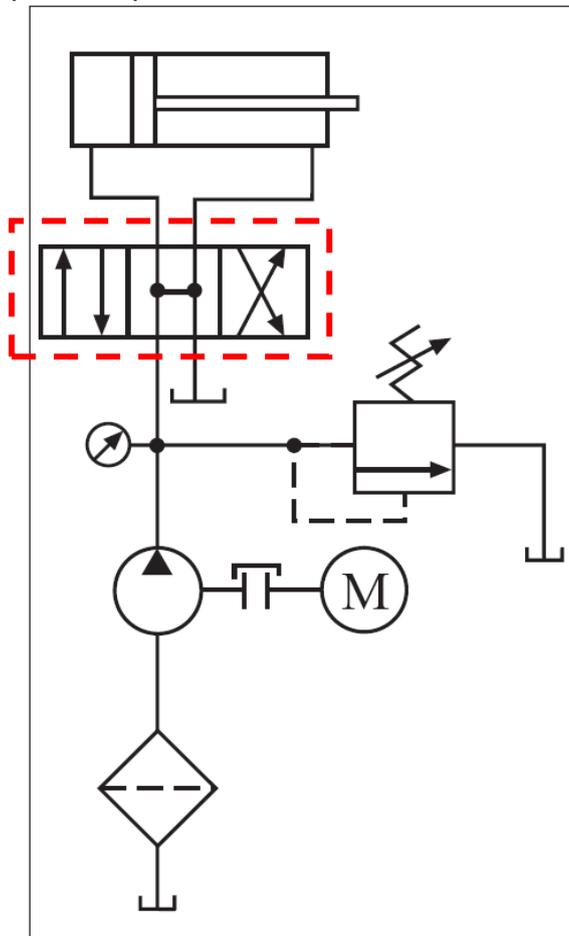
Com referências às várias possibilidades de vias de fluxo através de uma válvula direcional, as vias de fluxo seriam consideradas únicas enquanto o carretel estivesse em cada posição. No entanto, há posições intermediárias do carretel. As válvulas de controle direcional de 4 vias, usadas na indústria móbil, têm frequentemente diversas posições intermediárias entre os extremos. As válvulas hidráulicas industriais de 4 vias são geralmente válvulas de 3 posições, consistindo de 2 posições extremas e uma posição central. As duas posições extremas da válvula direcional de quatro vias estão diretamente relacionadas ao movimento do atuador. Elas controlam o movimento do atuador em uma direção, tanto quanto na outra. A posição central de uma válvula direcional é projetada para satisfazer uma necessidade ou condição do sistema. Por este motivo, a posição central de uma válvula direcional é geralmente designada de condição de centro. Há uma variedade de condições centrais disponíveis nas válvulas direcionais de quatro vias. Algumas destas condições mais conhecidas são: centro aberto, centro fechado, centro

tandem e centro aberto negativo. Estas condições de centro podem ser conseguidas dentro do próprio corpo da válvula, com a simples utilização de um êmbolo adequado.



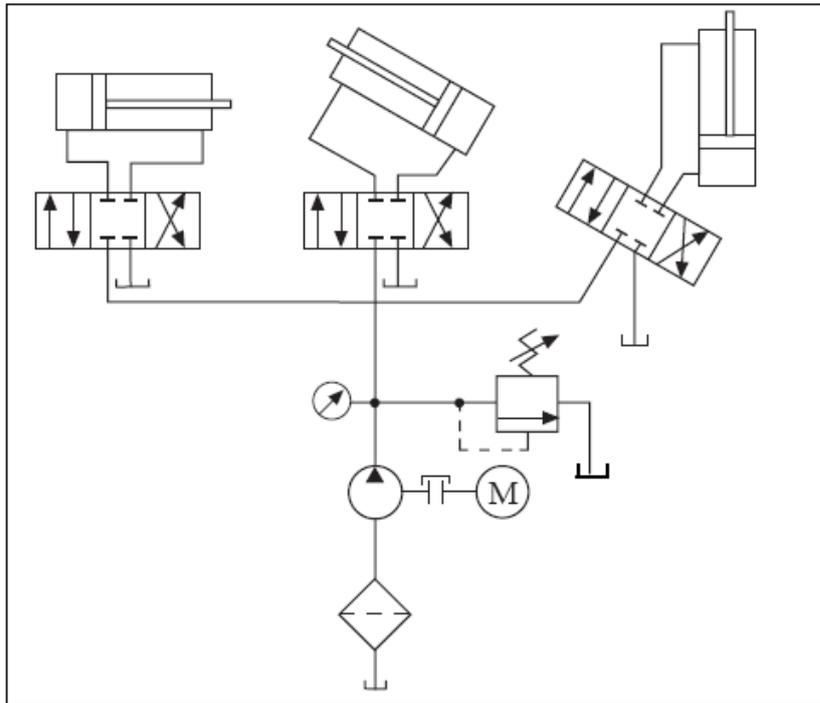
**Válvulas de Centro Aberto no Circuito**

Uma condição de centro aberto permite o movimento livre do atuador enquanto o fluxo da bomba é devolvido ao tanque a uma pressão baixa. As válvulas de 4 vias, de centro aberto, são muitas vezes usadas em circuitos de atuadores simples. Nestes sistemas, depois do atuador completar o seu ciclo, o carretel da válvula direcional é centralizado e o fluxo da bomba retorna ao tanque a uma pressão baixa. Ao mesmo tempo, o atuador fica livre para se movimentar. Uma desvantagem da válvula de centro aberto é que nenhum outro atuador pode ser operado quando a válvula estiver centrada.

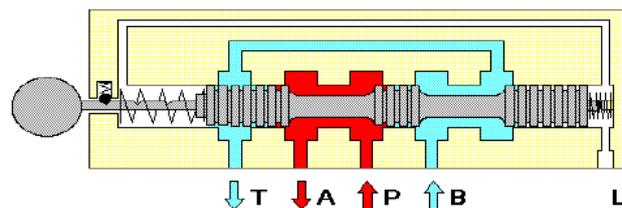
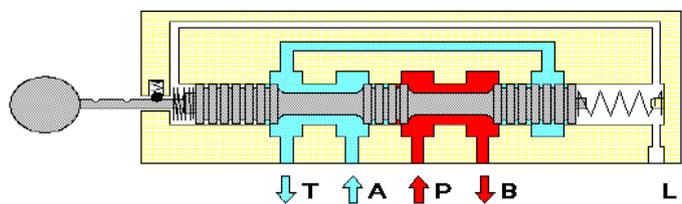
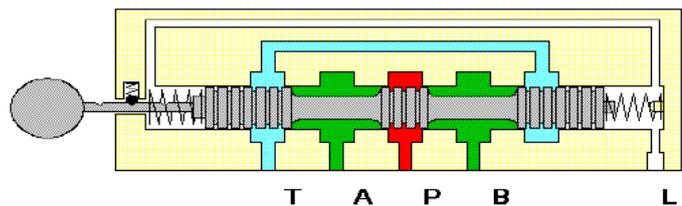
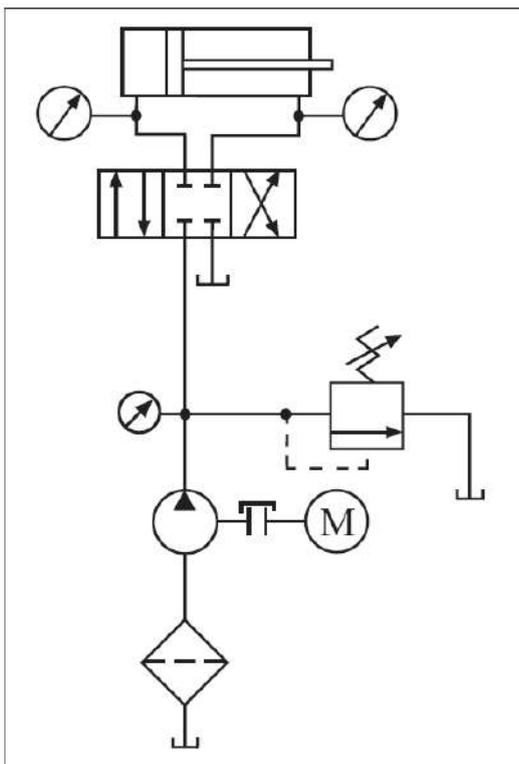


**Válvulas de Centro Fechado no Circuito**

Uma condição de centro fechado pára o movimento de um atuador, bem como permite que cada atuador individual, no sistema, opere independentemente de um suprimento de força. Os carretéis das válvulas direcionais de centro fechado têm algumas desvantagens. Uma delas é que o fluxo da bomba não pode ser descarregado para o tanque, através de válvula direcional, durante o tempo em que o atuador está inativo. Outra desvantagem é que o carretel, nesta válvula, vaza como em qualquer válvula do tipo carretel. Além disso, se o carretel ficar sujeito à pressão do sistema por mais de uns poucos minutos, a pressão se equalizará nas linhas A e B dos atuadores, a aproximadamente metade da pressão do sistema. O caminho de vazamento através da superfície de bloqueio do carretel da válvula direcional são orifícios que medem o fluxo. Quando na posição de centro, a pressão do sistema atua na via "P" da válvula. Esta posição causa o fluxo do fluido através da superfície de bloqueio para a passagem do atuador. Então, o vazamento passa através do restante da superfície de bloqueio para a passagem do tanque. A pressão, na via do atuador, a essa altura será aproximadamente a metade da pressão do sistema.

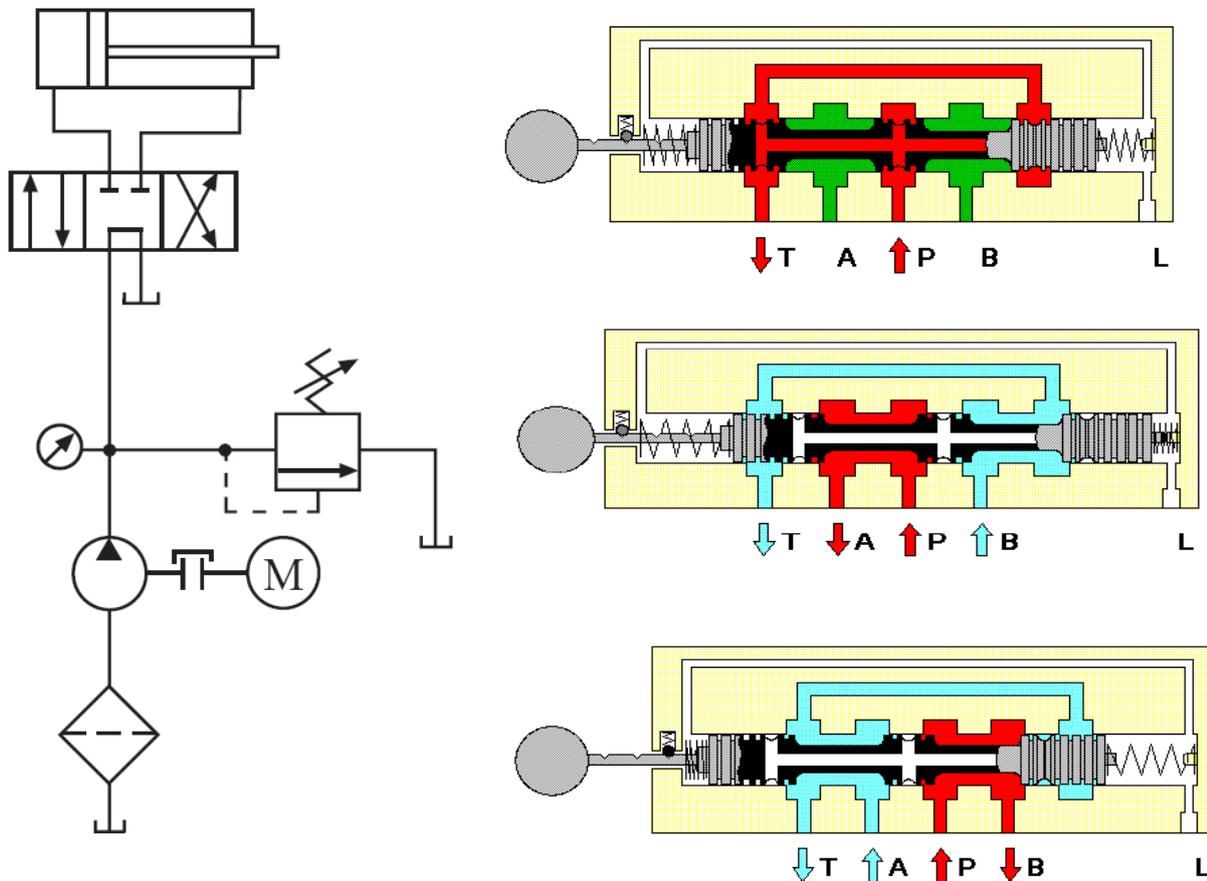


Esta pressão atua na via "P" da válvula. Esta posição causa o fluxo do fluido através da superfície de bloqueio para a passagem do atuador. Então, o vazamento passa através do restante da superfície de bloqueio para a passagem do tanque. A pressão, na via do atuador, a essa altura será aproximadamente a metade da pressão do sistema.



Porque a metade? Porque o fluxo de vazamento da via “P” para a via do atuador é exatamente o mesmo da via do atuador para o tanque. Visto que a taxa de vazamento de fluxo, através dessas passagens, é a mesma, elas devem ter diferenciais de pressão similares. No circuito do exemplo, se a válvula direcional está sujeita à regulagem da válvula limitadora de pressão 70 kgf/cm<sup>2</sup>, quando está na posição central, uma pressão de aproximadamente 35 kgf/cm<sup>2</sup> será observada nas linhas do atuador depois de alguns minutos. Isto gerará um desequilíbrio de forças no cilindro, o que faz com que a haste do cilindro avance lentamente.

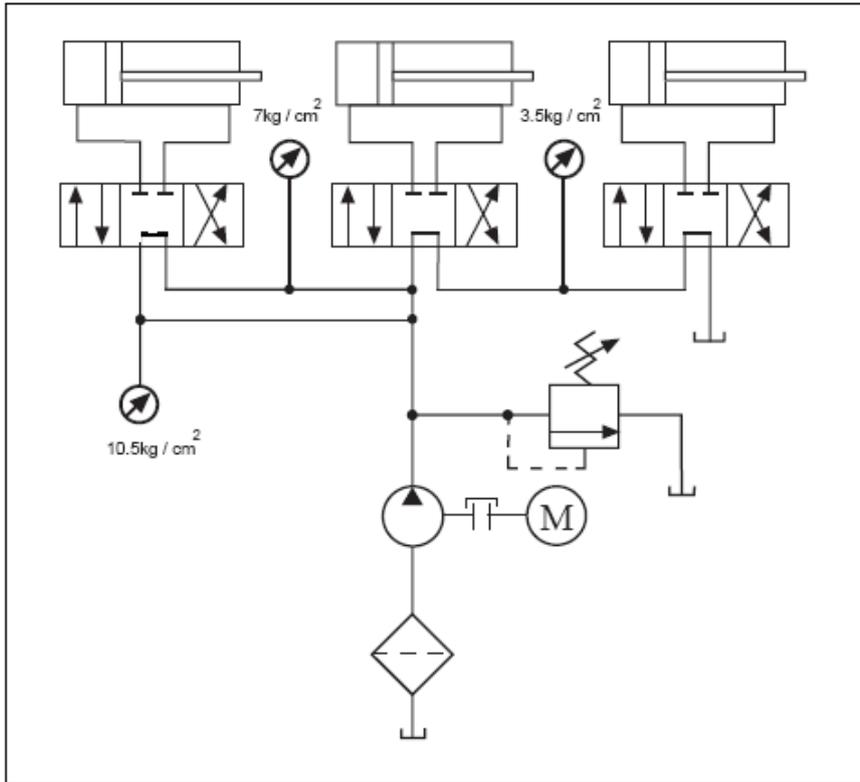
**Válvulas de Centro em Tandem no Circuito**



Uma condição de centro em tandem pára o movimento do atuador, mas permite que o fluxo da bomba retorne ao tanque sem passar pela válvula limitadora de pressão. Uma válvula direcional com um carretel de centro em tandem tem a vantagem óbvia de descarregar a bomba enquanto em posição central. Mas, na realidade, o carretel apresenta algumas desvantagens que podem não ser aparentes. Já foi dito que várias condições de centro podem ser conseguidas com uma válvula direcional de 4 vias, simplesmente inserindo o carretel apropriado no corpo da válvula. Quando um carretel de centro em tandem é usado no corpo da válvula direcional, a taxa de fluxo nominal diminui. Além disso, as condições de centro e de descarga do carretel não são tão boas como poderiam parecer quando se olha para um símbolo de centro em tandem.

As vias P e T de uma válvula hidráulica industrial de 4 vias não estão localizadas próximas uma da outra. A via “P” no centro e a via “T” nos extremos estão ligadas, quando na posição central, por meio de uma passagem por dentro do carretel. Isto não é uma condição ideal, porque resulta num diferencial de pressão, que reduz a vazão nominal da válvula P T. Não é incomum encontrar, num circuito, várias válvulas de centro em tandem conectadas em série. A justificativa desta situação é que cada atuador pode

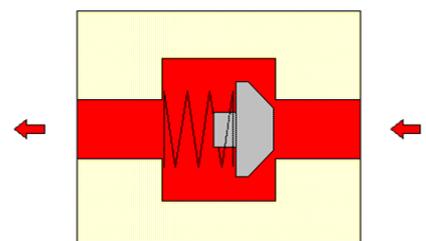
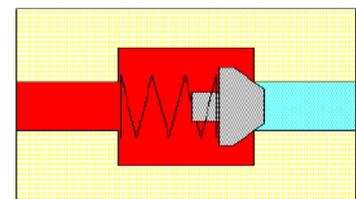
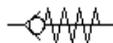
trabalhar um tanto independentemente de outro e, ao mesmo tempo, a bomba pode ser descarregada quando as válvulas de centro em tandem são acionadas para o centro.



Outra característica de uma válvula direcional de centro em tandem é que a taxa de fluxo nominal da válvula é diminuída. Para que haja um curso de fluxo razoavelmente dimensionado, de P para T na posição central, o eixo do carretel entre as sapatas é muito mais longo do que em qualquer outro tipo de carretel. Isso resulta num curso de fluxo restrito quando o carretel é deslocado para qualquer extremo.

**Nota:** Os carretéis da válvula direcional de centro em tandem operam um tanto diferentemente de outros carretéis. Por causa de sua construção, quando um carretel de centro em tandem é acionado para o lado direito da válvula, o fluxo passa de P para A. Mas, em qualquer outro carretel, o fluxo passa de P para B. Em consequência, se um carretel de centro em tandem substitui qualquer outro tipo de carretel, controlado por essa válvula direcional, ele operará no sentido inverso.

### Válvulas de Retenção

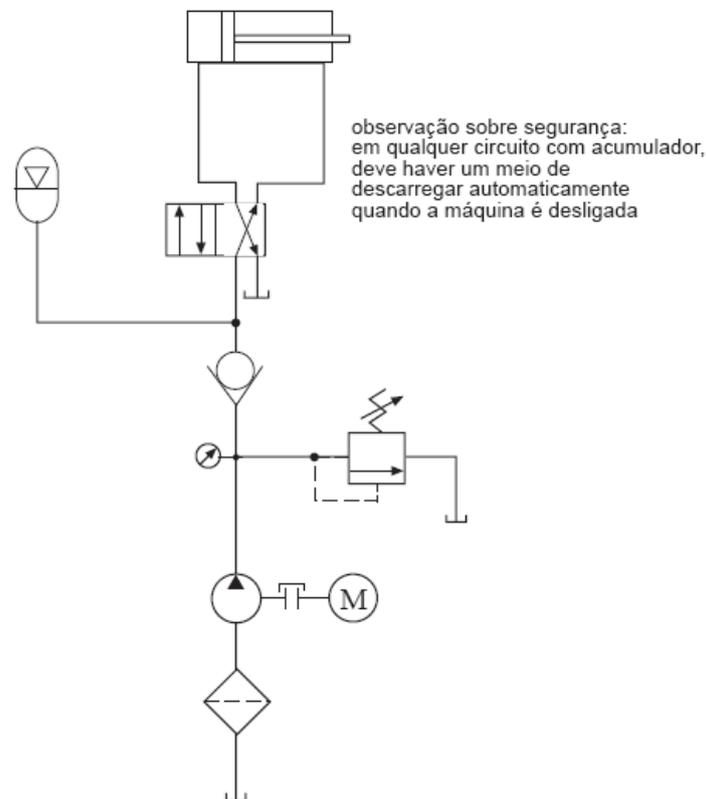


As válvulas de retenção são aparentemente pequenas quando comparadas a outros componentes hidráulicos, mas elas são componentes que servem a funções muito variadas e importantes. Uma válvula de retenção consiste basicamente do corpo da válvula, vias de entrada e saída e de um assento móvel que é preso por uma mola de pressão. O assento móvel pode ser um disco ou uma esfera, mas nos sistemas hidráulicos, na maioria das vezes, é uma esfera.

O fluido passa pela válvula somente em uma direção. Quando a pressão do sistema na entrada da válvula é muito alta, o suficiente para vencer a mola que segura o assento, este é deslocado para trás. O fluxo passa através da válvula. Isso é conhecido como fluxo direcional livre da válvula de retenção. Se o fluido for impelido a entrar pela via de saída o assento é empurrado contra a sua sede. O fluxo estanca.

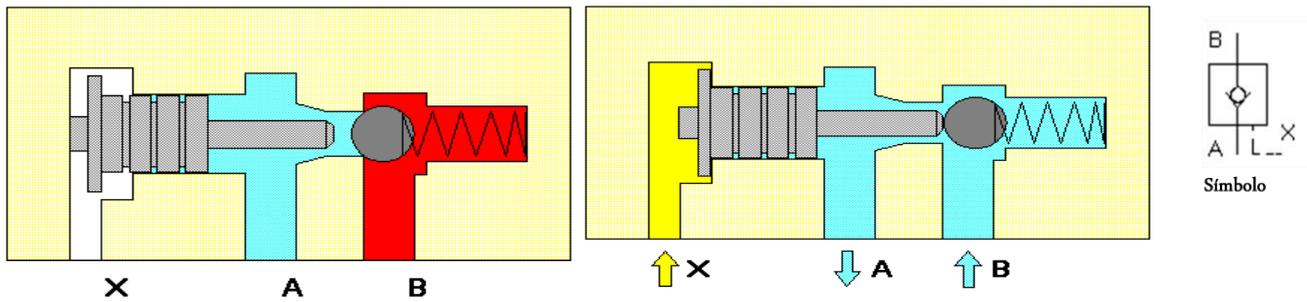
### Válvula de Retenção no Circuito

Uma válvula de retenção é uma combinação de válvula direcional e válvula de pressão. Ela permite o fluxo somente em uma direção, por isto é uma válvula unidirecional. A válvula de retenção é usada comumente em um sistema hidráulico, como válvula de "by pass". Isso permite que o fluxo contorne certos componentes, tais como as reguladoras de vazão que restringem o fluxo na direção contrária. Uma válvula de retenção é também usada para isolar uma seção do sistema ou um componente, tal como um acumulador. Uma válvula de retenção permite evitar que um reservatório descarregue o fluxo de volta à válvula de descarga ou através da bomba. A parte móvel numa válvula de retenção está sempre presa por uma mola de baixa pressão. Quando uma mola mais forte é utilizada, a válvula de retenção pode ser usada como válvula de controle de pressão (isso não se faz comumente).



### Válvula de Retenção Operada por Piloto

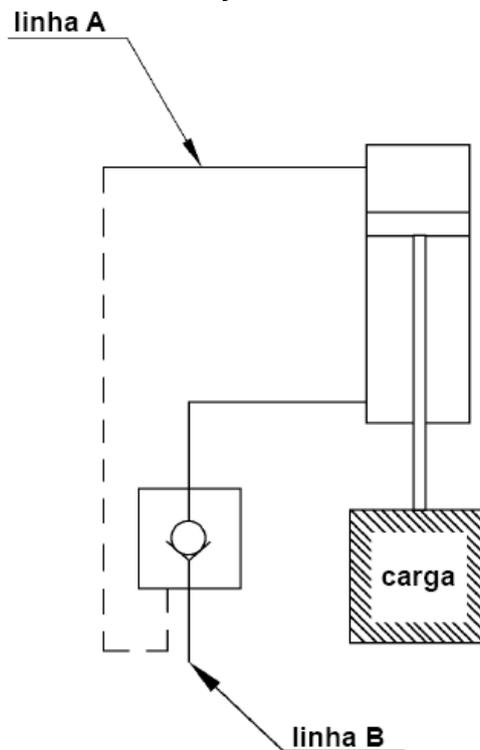
Uma válvula de retenção operada por piloto permite o fluxo em uma direção. Na direção contrária, o fluxo pode passar quando a válvula piloto deslocar o assento de sua sede no corpo da válvula. Uma válvula de retenção operada por piloto consiste do corpo da válvula, vias de entrada e saída, um assento pressionado por uma mola, como no caso da válvula de retenção. Do lado oposto do assento da válvula está a haste de deslocamento e o pistão do piloto. O piloto é pressurizado através do pistão pela conexão do piloto.



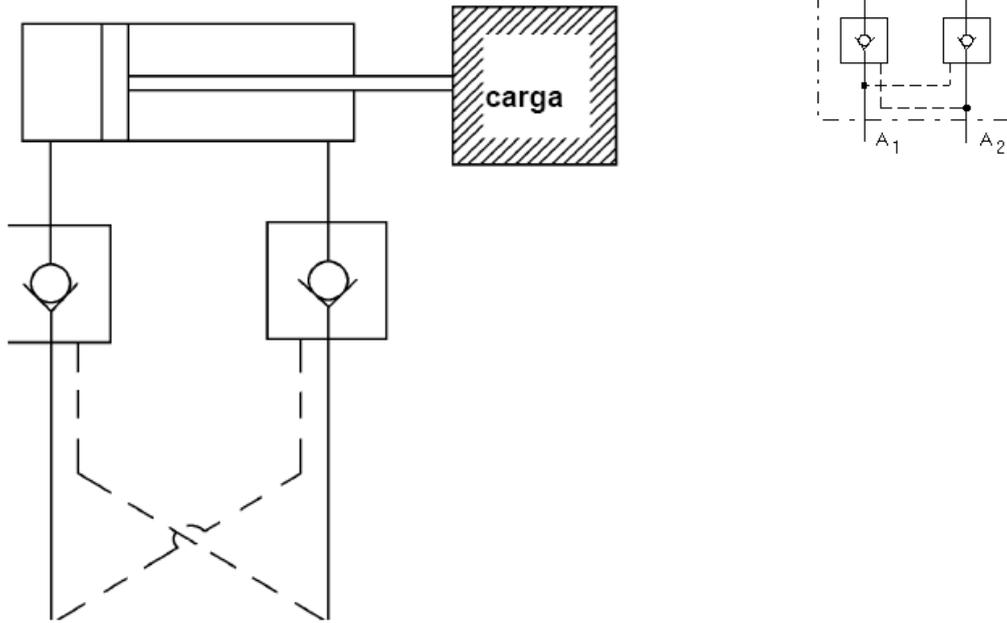
A válvula de retenção operada por piloto permite um fluxo livre da via de entrada para a via de saída igual a uma válvula de retenção comum. O fluido impelido a passar através da válvula, através da via de saída para a via de entrada, pressiona o assento contra a sua sede. O fluxo através da válvula é bloqueado. Quando uma pressão suficientemente alta age sobre o pistão do piloto, a haste avança e desloca o assento da sua sede. O fluxo pode passar através da válvula, da via de saída para a via de entrada, desde que a pressão no piloto seja suficiente para manter o pistão da haste acionado.

**Válvula de Retenção Operada por Piloto no Circuito**

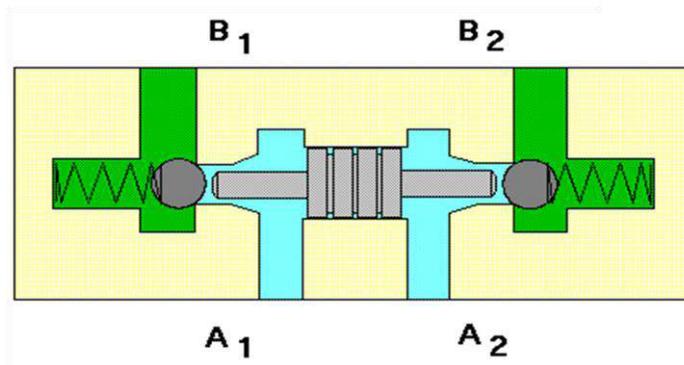
Com uma válvula de retenção operada por piloto bloqueando a passagem de fluxo na saída "B" do cilindro, a carga ficará estacionária enquanto a vedação no cilindro for efetiva. Quando chegar o momento de baixar a carga, a pressão do sistema é aplicada ao pistão através da linha "A". A pressão do piloto para operar a válvula de retenção é tomada da linha "A" do cilindro. A válvula de retenção permanecerá aberta enquanto houver pressão suficiente na linha "A". Para descarga, o fluxo de fluido pode passar pela válvula com facilidade porque esta é a direção de fluxo da válvula.



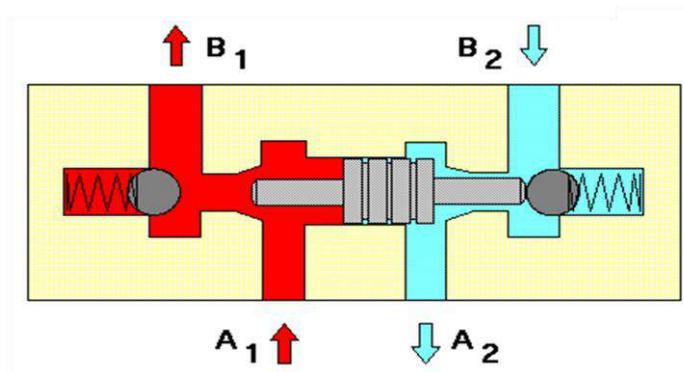
**Válvula de retenção dupla**



Esta válvula caracteriza em sua construção, na montagem em conjunto, por duas válvulas de retenção operadas por piloto em uma única carcaça, sendo que o pistão de comando trabalha entre duas retenções simples. No sentido de A1 para B1 e de A2 para B2 o fluxo é livre. De A1 para A2 e de B1 para B2, o fluxo está bloqueado.



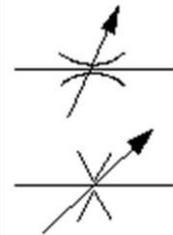
Se a válvula receber o fluxo de A1 para B1, o pistão de comando é deslocado para a direita e empurra o cone do assento da válvula de retenção B. Desta forma o fluxo de B2 para A2 é liberado. O princípio de funcionamento se repete quando o fluxo tem sentido de A2 para B2



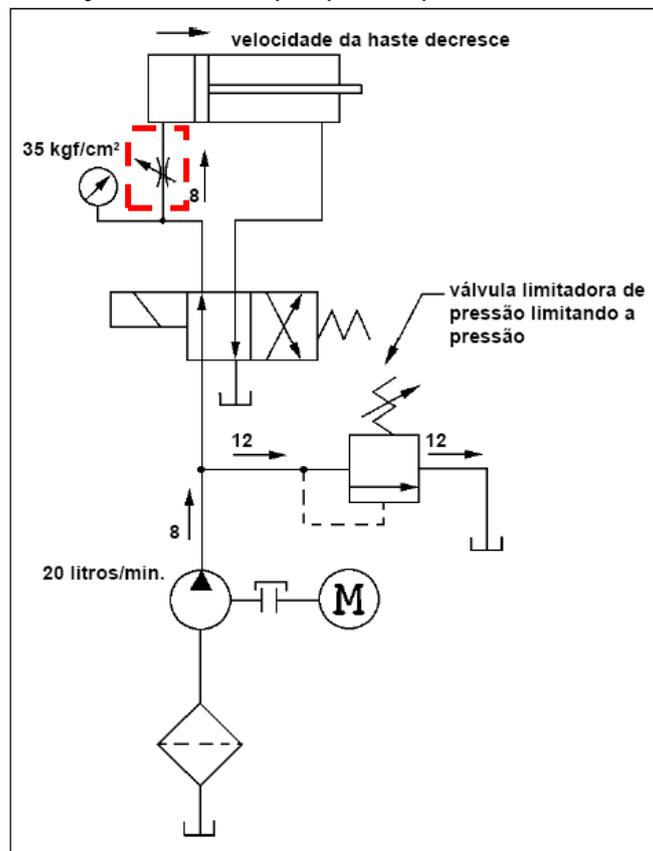
**Válvula controladora de fluxo ou de vazão**

A função da válvula controladora de vazão é a de reduzir o fluxo da bomba em uma linha do circuito. Ela desempenha a sua função por ser uma restrição maior que a normal no sistema. Para vencer a restrição, uma bomba de deslocamento positivo aplica uma pressão maior ao líquido, o que provoca um desvio de parte deste fluxo para outro caminho. Este caminho é geralmente para uma válvula limitadora de pressão, mas pode também ser para outra parte do sistema. As válvulas controladoras de vazão são aplicadas em sistemas hidráulicos

quando se deseja obter um controle de velocidade em determinados atuadores, o que é possível através da diminuição do fluxo que passa por um orifício.

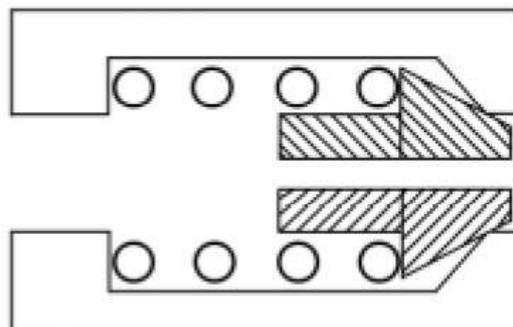


Símbolo



**Orifício Fixo**

Um orifício fixo é uma abertura reduzida de um tamanho não ajustável. Exemplos comuns de orifícios fixos, em hidráulica, são os plugues de um tubo ou válvula de retenção com um furo usinado através do seu centro, ou uma válvula comercial controladora de fluxo preestabelecida pela fábrica.



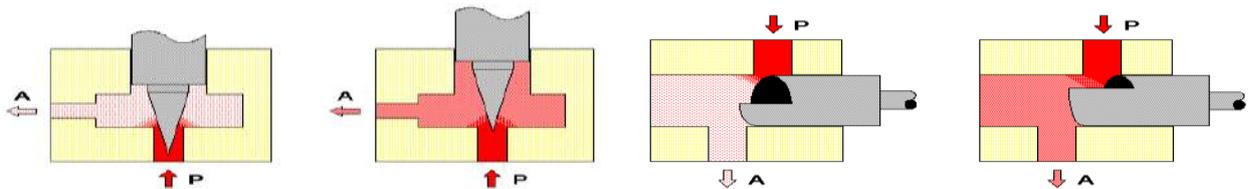
**Orifício Variável**

Muitas vezes um orifício variável é melhor do que um orifício fixo, por causa do seu grau de flexibilidade. Válvula de gaveta, válvulas globos e válvulas controladoras de vazão variável são exemplos de orifícios variáveis.

**Válvula Controladora de Vazão Variável**

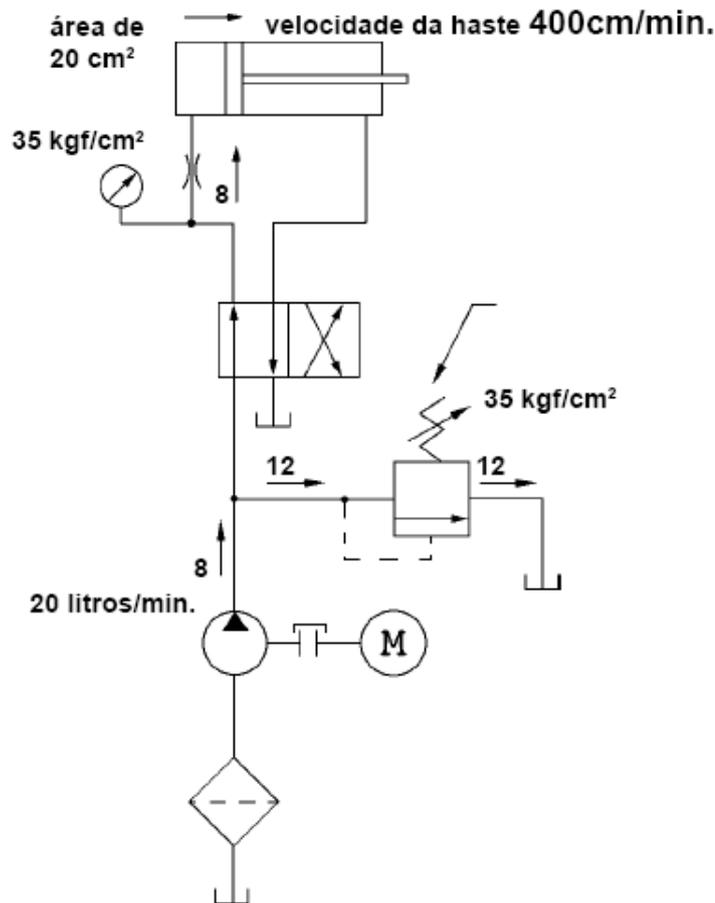
O fluido que passa através de uma válvula controladora de vazão variável deve fazer uma curva de 90° e passar pela abertura que é a sede da haste cuja ponta é cônica. O tamanho da abertura é modificado pelo posicionamento do cone em relação à sua sede. O tamanho do orifício pode ser variado com ajuste muito fino devido ao parafuso de rosca fina na haste da agulha da válvula.

Uma válvula controladora de vazão variável é o orifício variável usado com mais frequência num sistema hidráulico industrial.



**Válvulas de Controle de Vazão Variável no Circuito**

O circuito ilustrado consiste de uma bomba de deslocamento positivo de 20 litros/min, de uma válvula limitadora de pressão, válvula direcional, um orifício fixo e um cilindro que tem uma área de pistão de 20 cm<sup>2</sup>.



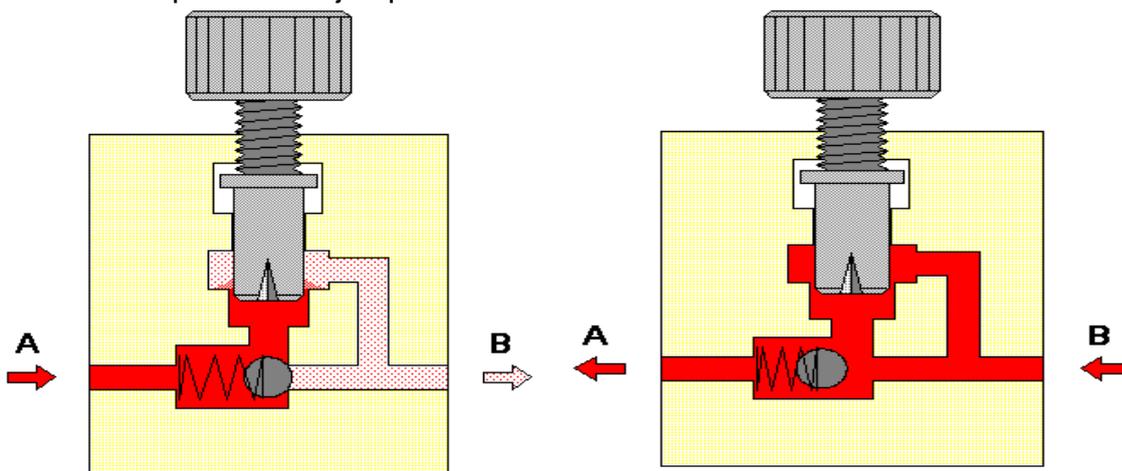
Com a válvula limitadora de pressão ajustada a 35 kgf/cm<sup>2</sup>, a bomba tenta mandar seus 20 litros/min de fluxo através do orifício. Devido ao tamanho da abertura do orifício, somente 8 litros/min passam através do orifício antes que a pressão atinja a regulagem de 35 kgf/cm<sup>2</sup> na válvula limitadora de pressão (isso, é claro, acontece instantaneamente). 8 litros/min passam através do orifício e saem para o atuador. 12 litros/min avançam sobre a válvula limitadora de pressão e a haste do pistão se move a uma taxa de 400 cm/min.

$$\text{Velocidade da Haste (cm/min)} = \frac{\text{Vazão (l/min)} \times 1.000 \text{ (cm}^3\text{)}}{\text{Área do pistão (cm}^2\text{)}}$$

Se uma válvula controladora de vazão variável fosse usada no mesmo circuito, a velocidade da haste poderia ser modificada facilmente.

### Válvula reguladora de fluxo unidirecional

Consiste em uma válvula controladora de vazão descrita anteriormente e mais a função de uma válvula de retenção simples em by pass. Com essa combinação é possível obter fluxo reverso livre, sendo de grande aplicação na hidráulica industrial. Através de um parafuso de ajuste determina-se a taxa de fluxo que deve ser requerida no sistema para se obter a velocidade desejada. Quanto à posição de instalação, está em função do tipo de controle que se deseja aplicar no sistema.

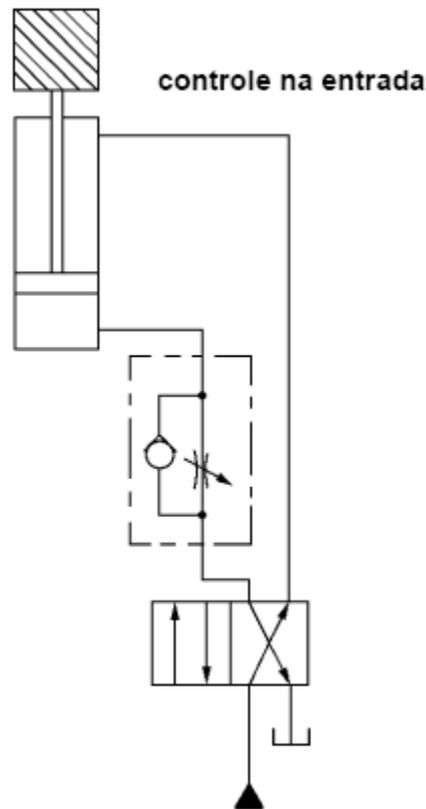


### Métodos de Controle

Basicamente temos três maneiras de se aplicarem válvulas controladoras de vazão, sendo as duas primeiras com retenção integrada, e na terceira não se faz necessário o uso da retenção.

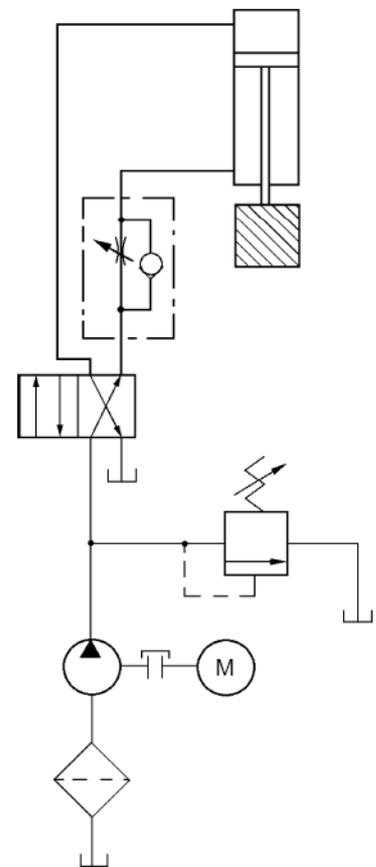
#### 1º Método - Meter-In

Meter-in significa controle na entrada. Nesta operação a válvula deverá ser instalada no atuador, de maneira que a retenção impeça a passagem do fluido, obrigando o mesmo a passar através do orifício controlado para a entrada da câmara do atuador. Este método é bem preciso e utilizado em aplicações onde a carga sempre resiste ao movimento do atuador, em casos onde se deve empurrar uma carga com velocidade controlada ou levantar uma carga com o cilindro instalado na vertical.



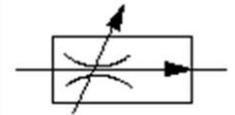
**2º Método - Meter-Out**

Meter-out significa controle na saída. Nesta operação a válvula deverá ser instalada no atuador de maneira que a retenção impeça a saída do fluido da câmara do atuador obrigando o mesmo a passar através do orifício controlado. Este método é muito utilizado em sistemas onde a carga tende a fugir do atuador ou deslocar-se na mesma direção, como ocorre nos processos de furação (usinagem).



**Válvula Controladora de Vazão com Pressão Compensada**

Qualquer modificação na pressão antes ou depois de um orifício de medição afeta o fluxo através do orifício, resultando numa mudança de velocidade do atuador. Estas modificações de pressão devem ser neutralizadas, ou compensadas, antes que um orifício possa medir o fluido com precisão.



Símbolo

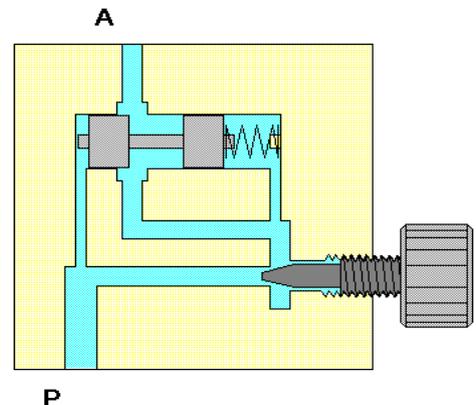
As válvulas controladoras de fluxo são válvulas não compensadas. Elas são bons instrumentos de medição, desde que o diferencial de pressão através da válvula permaneça constante. Se houver necessidade de uma medição mais precisa, usa-se uma válvula de fluxo compensada, isto é, um controle de fluxo que permite a variação de pressão antes ou depois do orifício. As válvulas controladoras de vazão com pressão compensada são classificadas como do tipo restritora ou by pass.

**Tipo Restritora**

Uma válvula controladora de vazão com pressão compensada tipo restritora consiste de um corpo de válvula com vias de entrada e de saída, uma válvula controladora de vazão variável, um êmbolo de compensação e uma mola que comprime o êmbolo.

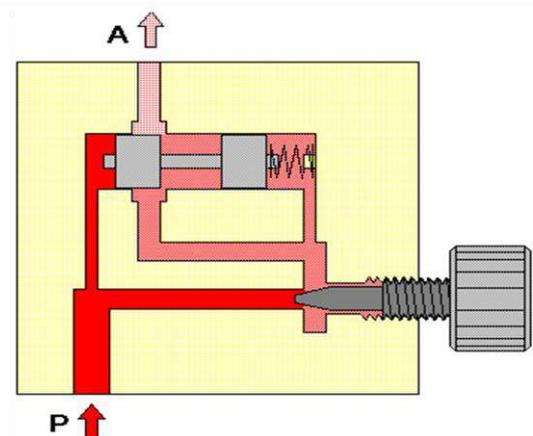
**Funcionamento**

Para determinar como uma válvula tipo restritora funciona, devemos examinar a sua operação passo a passo. Com o êmbolo de compensação totalmente voltado para o lado esquerdo, qualquer fluxo de fluido pressurizado que entre na via de entrada chegará à válvula controladora de vazão variável. Com o êmbolo um pouco deslocado para o lado direito, o fluxo de fluido pressurizado é bloqueado através da válvula.



Para manter o curso de fluxo através da válvula aberta, uma mola comprime o êmbolo do compensador em direção ao lado esquerdo. A pressão antes da válvula controladora de vazão variável é transmitida ao lado esquerdo do êmbolo por meio de uma passagem piloto interna. Quando a pressão do fluido, neste ponto, tentar se tornar maior do que a pressão da mola, o êmbolo se moverá em direção do lado direito.

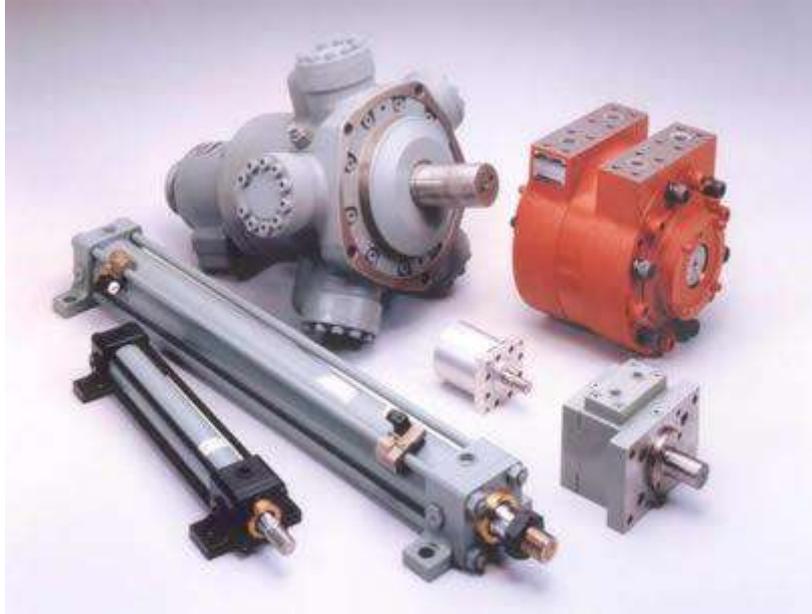
Com o orifício da válvula controladora de vazão variável ajustado para um pouco menos do que o fluxo da bomba a pressão antes da válvula tenta alcançar a da regulagem da válvula limitadora de pressão. Quando a pressão tenta subir acima do valor da mola do compensador, o êmbolo se movimenta e restringe o fluxo para a válvula controladora de vazão variável. Enquanto o fluido passa sobre esta restrição, toda a energia de pressão em excesso do valor da mola é transmitida em calor.



Por exemplo, se a mola tivesse um valor de 7 kgf/cm<sup>2</sup> e a válvula limitadora de pressão estivesse regulada a 35 kgf/cm<sup>2</sup>, a pressão do fluido na entrada da válvula seria de 35 kgf/cm<sup>2</sup>. Entretanto, o êmbolo compensador reduz a pressão antes que ela chegue à

válvula de vazão variável, transformando 28kgf/cm<sup>2</sup> em energia térmica quando o fluido passa através da restrição. Isto significa que, independentemente da pressão que está na entrada do controle de fluxo, a pressão antes da válvula para desenvolver fluxo será sempre de 7kgf/cm<sup>2</sup>.

## ATUADORES HIDRÁULICOS

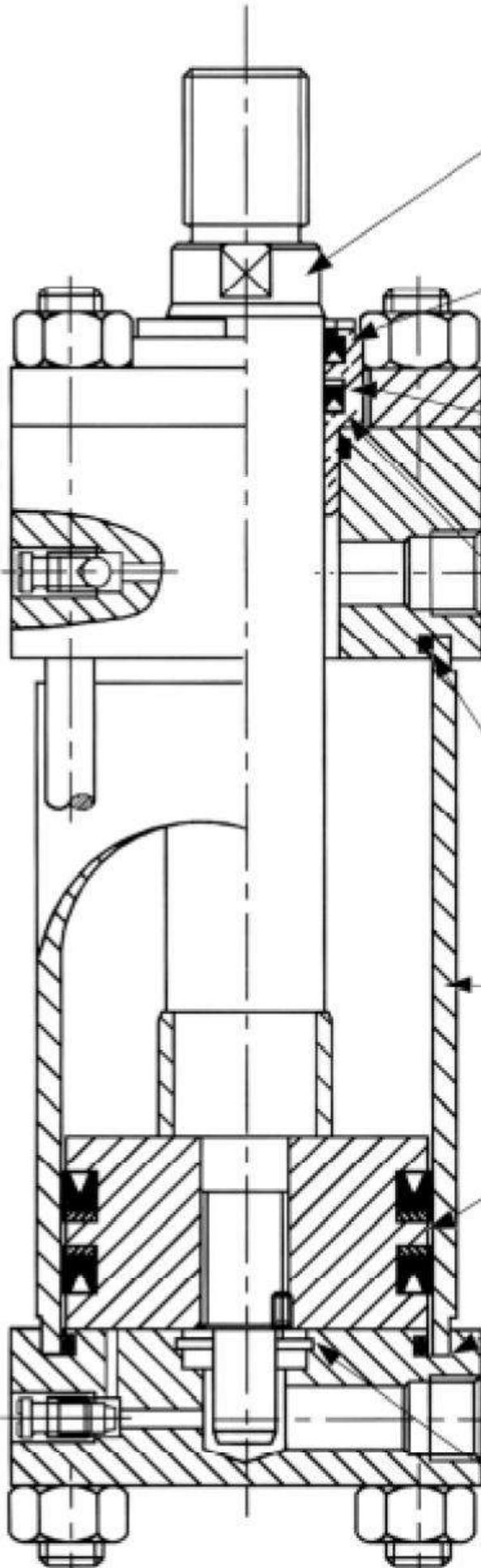


Os atuadores hidráulicos convertem a energia de trabalho em energia mecânica. Eles constituem os pontos onde toda a atividade visível ocorre, e são uma das principais coisas a serem consideradas no projeto da máquina. Os atuadores hidráulicos podem ser divididos basicamente em dois tipos: lineares e rotativos.

### Cilindros

Cilindros hidráulicos transformam trabalho hidráulico em energia mecânica linear, a qual é aplicada a um objeto resistivo para realizar trabalho. Os cilindros foram citados brevemente há pouco. Um cilindro consiste de uma camisa de cilindro, de um pistão móvel e de uma haste ligada ao pistão. Os cabeçotes são presos ao cilindro por meio de roscas, prendedores, tirantes ou solda (a maioria dos cilindros industriais usa tirantes). Conforme a haste se move para dentro ou para fora, ela é guiada por embuchamentos removíveis chamados de guarnições. O lado para o qual a haste opera é chamado de lado dianteiro ou "cabeça do cilindro". O lado oposto sem haste é o lado traseiro. Os orifícios de entrada e saída estão localizados nos lados dianteiro e traseiro.

### Características



**A Haste do Pistão**

Aço de alta resistência, retificada, cromada e polida para assegurar uma superfície lisa, resistente a entalhes para uma vedação efetiva e longa vida.

**Mancal Parker "Jewel"**

A longa superfície de apoio fica dentro da vedação para melhor lubrificação e vida mais longa. O mancal "Jewel", completo com vedações da haste, pode ser facilmente removido sem desmontar o cilindro, de forma que a manutenção é mais rápida e, portanto, mais econômica.

**Guarnição de Limpeza de Borda Dupla**

A guarnição de limpeza de borda dupla funciona como guarnição secundária e impede a entrada de sujeira no cilindro. Isto aumenta a vida do mancal e das vedações.

**Vedação de Borda Serrilhada**

A vedação de borda serrilhada da Parker possui uma série de bordas de vedação que assumem seu papel sucessivamente ao aumentar a pressão. A combinação da vedação de borda serrilhada com a guarnição de limpeza de borda dupla garante a haste seca dos cilindros Parker, o que significa ausência de gotejamento uma contribuição importante à saúde, segurança e economia.

**Vedações do Corpo do Cilindro**

Vedações do corpo sob pressão asseguram que o cilindro seja à prova de vazamentos, mesmo sob choques de pressão.

**O Tubo do Cilindro**

São fabricados com aço de alta qualidade, brunido com precisão e alto grau de acabamento, assegurando vida longa às vedações.

**Pistão de Ferro Fundido Inteiro**

O pistão tem amplas superfícies de apoio para resistir a cargas laterais e um longo encaixe por rosca na haste do pistão. Como característica de segurança adicional, o pistão é fixado por Loctite e por um pino de travamento.

**Encaixe do Tubo**

Uma saliência usinada com precisão em ambas as extremidades do tubo, concêntrica com o diâmetro interno do tubo, permite que os cilindros sejam alinhados rápido e precisamente para uma máxima vida em operação.

**Anel de Amortecimento Flutuante e Luvas de Amortecimento**

O anel de amortecimento flutuante e a luva são autocentrantes, permitindo tolerâncias estreitas e, portanto, um amortecimento mais eficaz. No curso de retorno, uma válvula de retenção com esfera na extremidade do cabeçote traseiro permitem que seja aplicada pressão a toda a área do pistão para maior potência e velocidade de partida.

**Guarnições**

Para uma operação apropriada, uma vedação positiva deve existir em toda a extensão do pistão do cilindro, tanto quanto na haste. Os pistões do cilindro são vedados com as guarnições elásticas ou anéis de vedação de ferro fundido. Os anéis de pistão são duráveis mas permitem vazamento na ordem 15 a 45 cm<sup>3</sup> por minuto em condições de operação normal. Guarnições tipo "U" elásticas não vazam em condições normais, mas são menos duráveis. As guarnições elásticas da haste são fornecidas em muitas variedades. Alguns cilindros são equipados com guarnições com formato em "V" ou em "U", fabricadas de couro, poliuretano, borracha nitrílica ou viton, e uma guarnição raspadora que previne a entrada de materiais estranhos no cilindro.

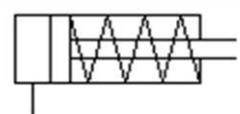
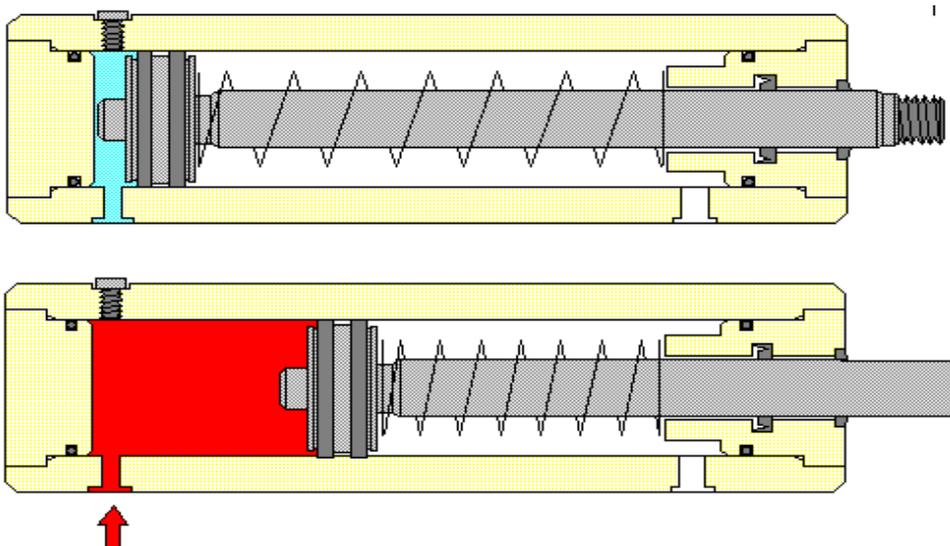


Um tipo comum de guarnição elástica consiste de uma guarnição primária com a lateral dentada em formato de serra na parte interna. As serrilhas contactam a haste e continuamente raspam o fluido, limpando-a. Uma guarnição secundária retém todo o fluido da guarnição primária e ainda previne contra a entrada de sujeiras quando a haste recua.

**TIPOS DE CILINDROS**

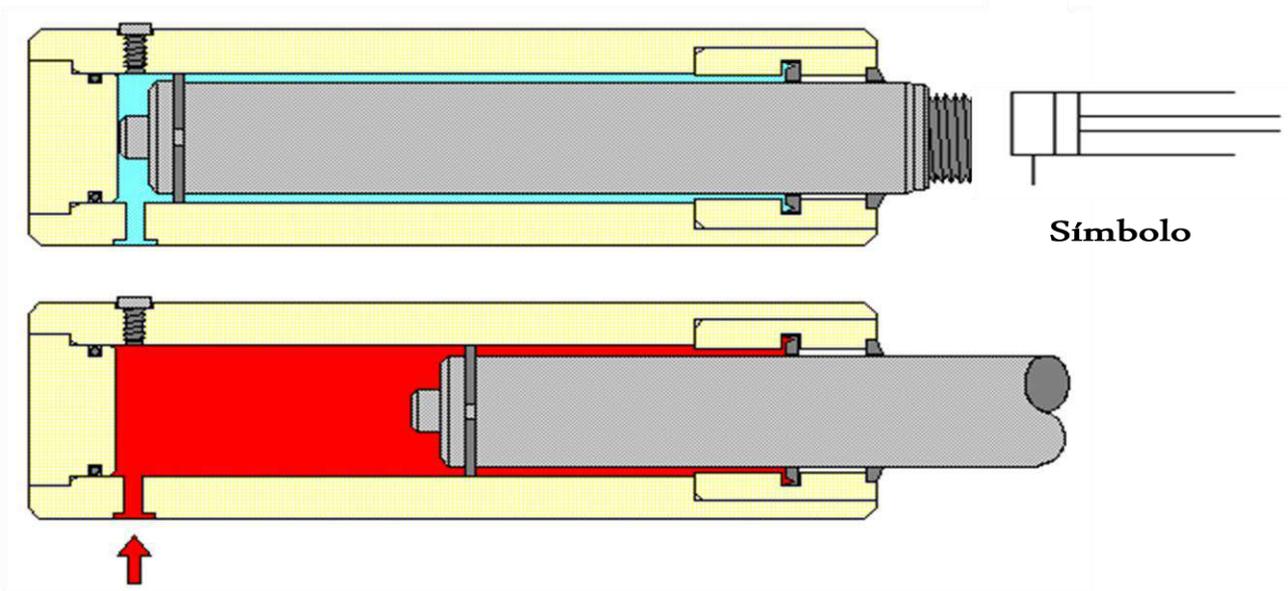
**Cilindro de simples** - Um cilindro no qual a pressão de fluido é aplicada em somente uma direção para mover o pistão.

**Cilindro de simples ação e retorno por mola** - um cilindro no qual uma mola recua o conjunto do pistão.

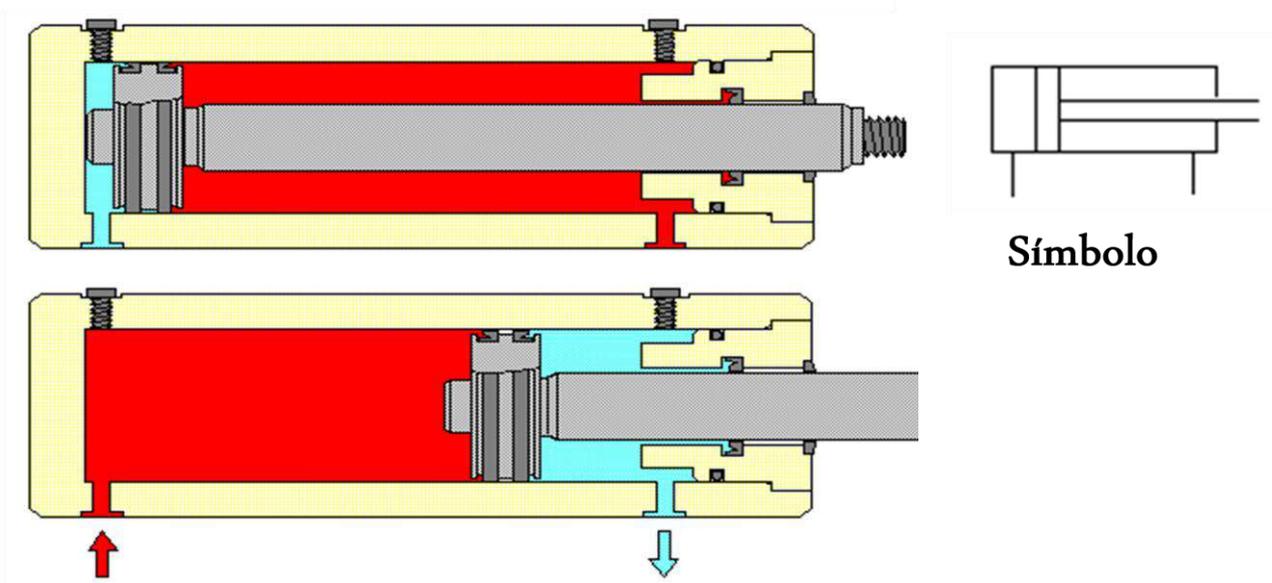


Símbolo

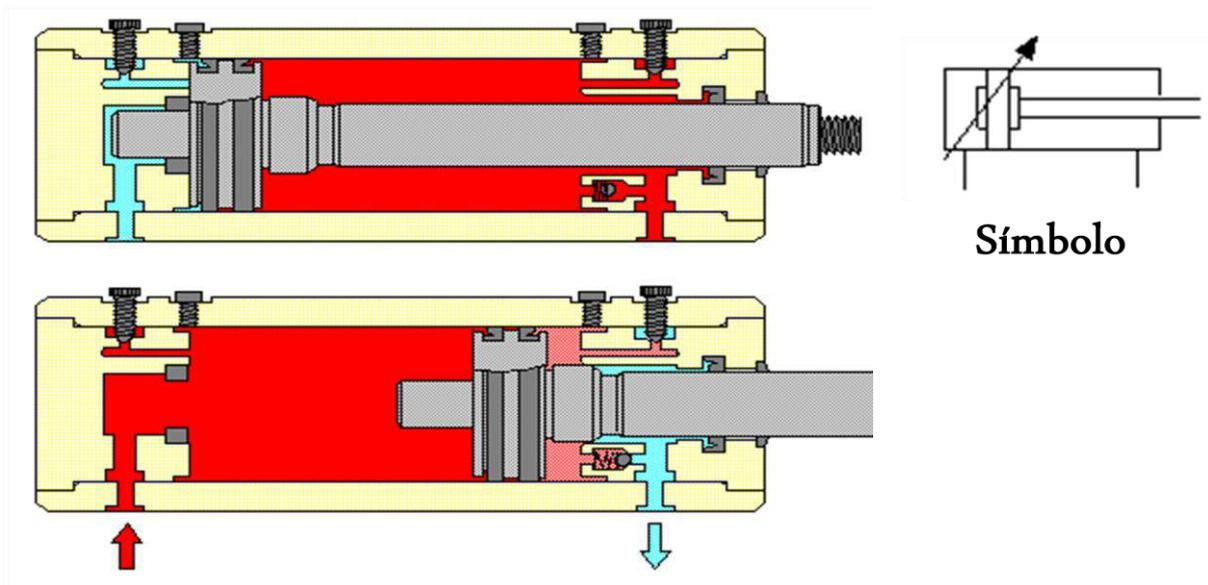
**Cilindro de simples ação e retorno pela força da carga** - um cilindro no qual uma força externa recua o conjunto do pistão.



**Cilindro de dupla ação** - Um cilindro no qual a pressão do fluido é aplicada ao elemento móvel em qualquer uma das direções.



**Cilindro de dupla ação com amortecimento de fim de curso**

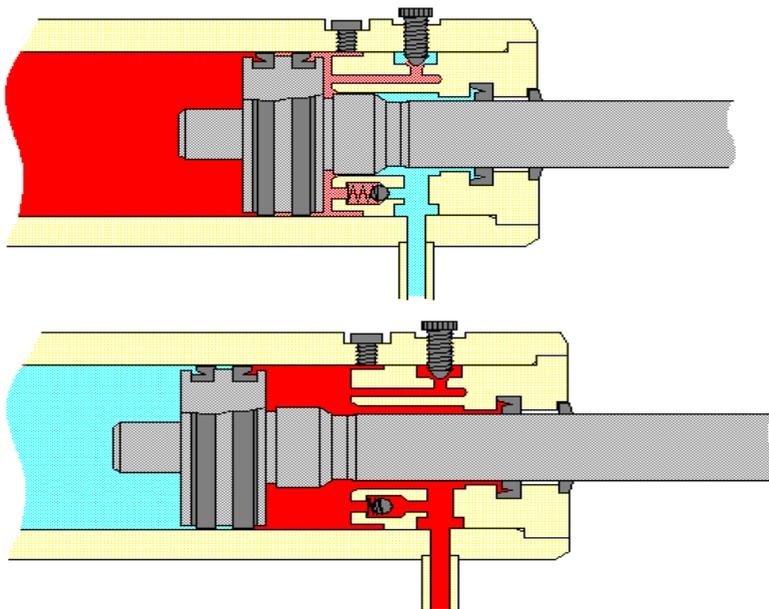


**Choque Hidráulico**

Quando a energia de trabalho hidráulica que está movendo um cilindro encontra um obstáculo (como o final de curso de um pistão), a inércia do líquido do sistema é transformada em choque ou batida, denominada de choque hidráulico. Se uma quantidade substancial de energia é estancada, o choque pode causar dano ao cilindro.

**Amortecimentos**

Para proteger os cilindros contra choques excessivos, os mesmos podem ser protegidos por amortecimentos. O amortecimento diminui o movimento do cilindro antes que chegue ao fim do curso. Os amortecimentos podem ser instalados em ambos os lados de um cilindro.

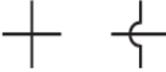
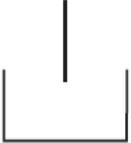


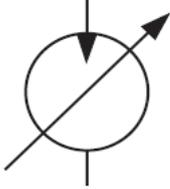
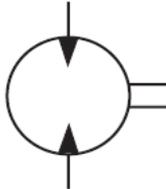
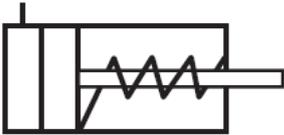
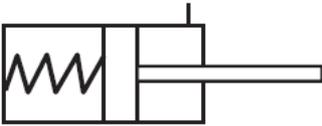
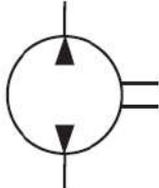
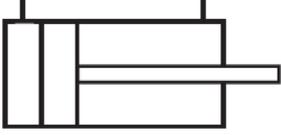
Um amortecimento consiste de uma válvula de agulha de controle de fluxo e de um plugue ligado ao pistão. O plugue de amortecimento pode estar no lado da haste (nesta posição ele é chamado de colar), ou pode estar no lado traseiro (onde é chamado de batente de amortecimento).

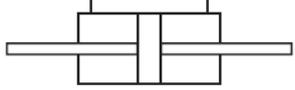
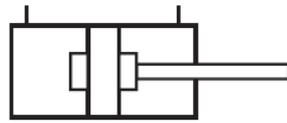
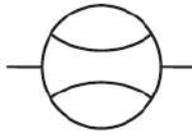
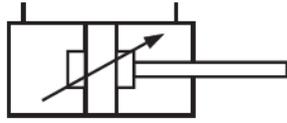
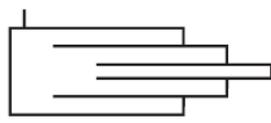
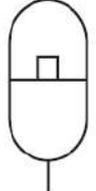
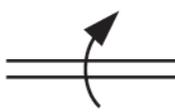
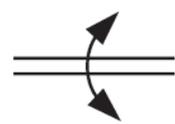
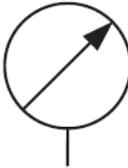
### **Funcionamento**

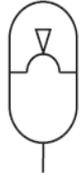
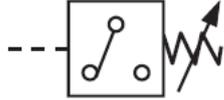
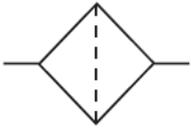
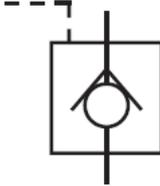
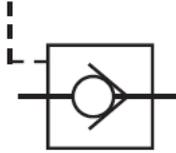
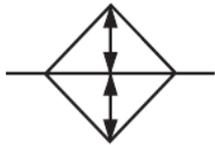
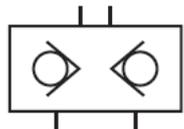
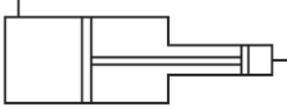
Conforme o pistão do cilindro se aproxima do seu fim de curso, o batente bloqueia a saída normal do líquido e obriga o fluido a passar pela válvula controle de vazão. Nesta altura, algum fluxo escapa pela válvula de alívio de acordo com a sua regulagem. O fluido restante adiante do pistão é expelido através da válvula controle de vazão e retarda o movimento do pistão. A abertura da válvula controle de vazão determina a taxa de desaceleração. Na direção inversa, o fluxo passa pela linha de bypass da válvula de controle de vazão onde está a válvula de retenção ligada ao cilindro. Como regra geral, os amortecimentos são colocados em cilindros cuja velocidade da haste exceda a 600 cm/min.

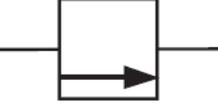
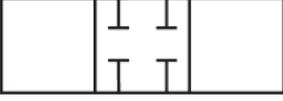
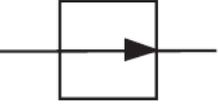
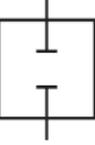
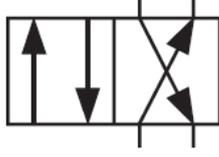
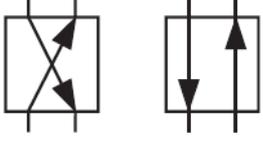
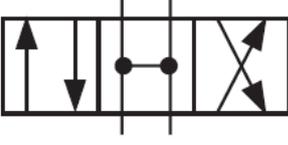
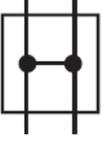
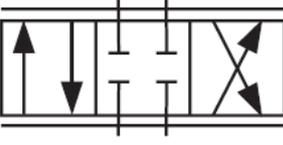
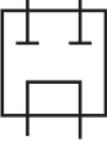
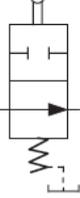
**SIMBOLOGIA**

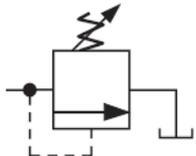
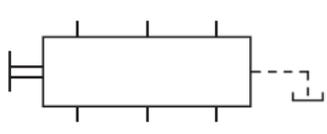
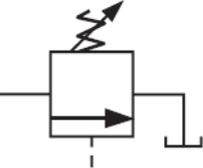
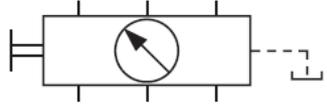
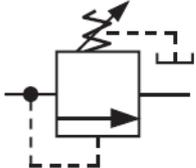
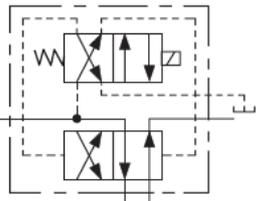
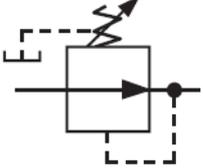
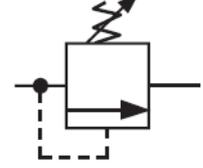
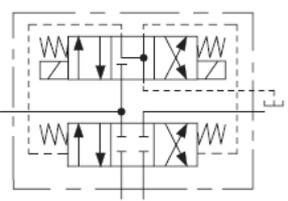
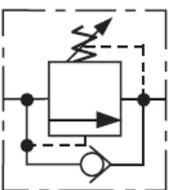
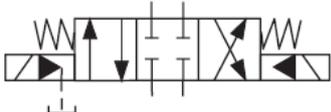
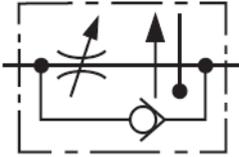
	<p>Linha de pressão</p>		<p>União de linhas</p>
	<p>Linha piloto</p>		<p>Linhas cruzadas não conectadas</p>
	<p>Linha de dreno</p>		<p>Direção de fluxo</p>
	<p>Linha de contorno. Delimita um conjunto de funções em um único corpo</p>		<p>Reservatório aberto à atmosfera</p>
	<p>Conector</p>		<p>Linha terminando abaixo do nível de fluido</p>
	<p>Linha flexível</p>		<p>Linha terminando acima do nível de fluido</p>

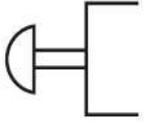
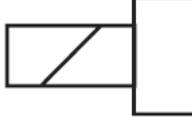
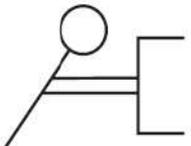
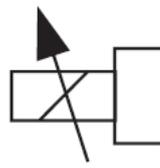
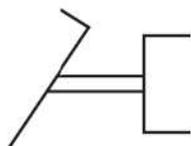
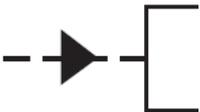
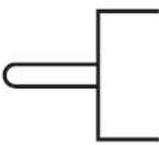
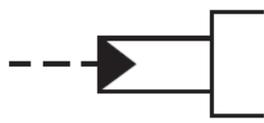
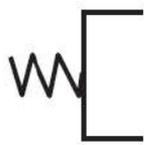
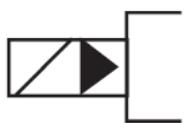
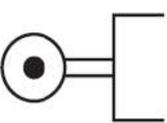
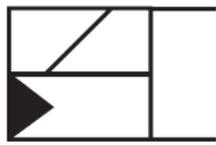
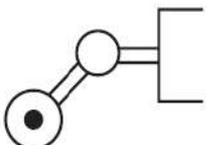
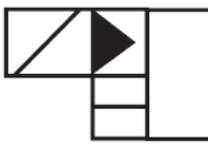
	Linha sob carga		Motor rotativo, deslocamento fixo
	Plugue ou conexão bloqueada		Motor rotativo, deslocamento variável
	Restrição fixa		Motor reversível, dois sentidos de fluxo
	Restrição variável		Motor oscilante
	Bomba simples, deslocamento fixo		Cilindro de simples ação com retração por mola
	Bomba simples, deslocamento variável		Cilindro de ação simples com avanço por mola
	Bomba reversível com dois sentidos de fluxo		Cilindro de dupla ação

	<p>Cilindro com haste dupla</p>		<p>Termômetro</p>
	<p>Cilindro com dois amortecedores fixos</p>		<p>Rotâmetro (medidor de fluxo)</p>
	<p>Cilindro com dois amortecedores reguláveis</p>		<p>Motor elétrico</p>
	<p>Cilindro telescópico</p>		<p>Acumulador por peso</p>
	<p>Eixo com rotação em único sentido</p>		<p>Acumulador por mola</p>
	<p>Eixo com rotação nos dois sentidos (reversível)</p>		<p>Acumulador por gás (genérico)</p>
	<p>Manômetro</p>		<p>Acumulador por gás com bexiga</p>

	<p>Acumulador por gás com membrana</p>		<p>Pressostato</p>
	<p>Acumulador por gás com pistão</p>		<p>Válvula de retenção sem mola</p>
	<p>Filtro</p>		<p>Válvula de retenção com mola</p>
	<p>Aquecedor na linha</p>		<p>Válvula de retenção pilotada para abrir</p>
	<p>Regulador de temperatura sem representação das linhas de fluxo do meio refrigerante</p>		<p>Válvula de retenção pilotada para fechar</p>
	<p>Regulador de temperatura (as setas indicam que o calor pode ser introduzido ou dissipado)</p>		<p>Válvula de retenção dupla ou geminada</p>
	<p>Intensificador de pressão</p>		<p>Válvula agulha</p>

	<p>Componente básico de válvula</p>		<p>Quatro conexões bloqueadas</p>
	<p>Válvula de passagem única, normalmente fechada</p>		<p>Passagem de fluxo bloqueada na posição central</p>
	<p>Válvula de passagem única, normalmente aberta</p>		<p>Válvula direcional duas posições, três vias</p>
	<p>Duas conexões bloqueadas</p>		<p>Válvula direcional duas posições, quatro vias</p>
	<p>Duas direções de fluxo</p>		<p>Válvula direcional, três posições, quatro vias (centro aberto)</p>
	<p>Duas direções de fluxo interligados</p>		<p>Válvula de posicionamento infinito (indicado por barras horizontais de centro fechado)</p>
	<p>Uma direção de fluxo em tandem e dois bloqueios</p>		<p>Válvula desaceleradora normalmente aberta</p>

	<p>Válvula de segurança</p>		<p>Válvula seletora de manômetro simples</p>
	<p>Válvula de descarga com dreno interno controlada remotamente</p>		<p>Válvula seletora de manômetro com manômetro incorporado</p>
	<p>Válvula de sequência atuada diretamente e drenada externamente</p>		<p>Válvula de controle direcional 4/2 operada por pressão através de uma válvula piloto, comandada por solenóide, com retorno de mola</p>
	<p>Válvula redutora de pressão</p>		<p>Válvula de controle direcional 4/2 (Simplificado)</p>
	<p>Válvula de contrabalanço</p>		<p>Válvula de controle direcional 4/3 operada por pressão através de uma válvula piloto, comandada por solenóide com centragem por molas</p>
	<p>Válvula de contrabalanço com retenção integral</p>		<p>Válvula de controle direcional 4/3 (Simplificada)</p>
	<p>Válvula controladora de fluxo com compensação de pressão e temperatura com retenção integral</p>		<p>Por ação muscular (símbolo básico, sem indicação do modo de operação)</p>

	Botão		Solenóide com uma bobina
	Alavanca		Solenóide com uma bobina operando proporcionalmente
	Pedal		Piloto direto
	Apalpador ou came		Piloto indireto
	Mola		Solenóide e piloto
	Rolete		Solenóide ou piloto
	Rolete articulado ou gatilho (operando em um único sentido)		Solenóide e piloto ou mecânico