

SAA0187

Sistemas Aeronáuticos de Acionamento

Componentes em sistemas hidráulicos
Parte 4

Prof. Dr. Jorge Henrique Bidinotto
jhbidi@sc.usp.br

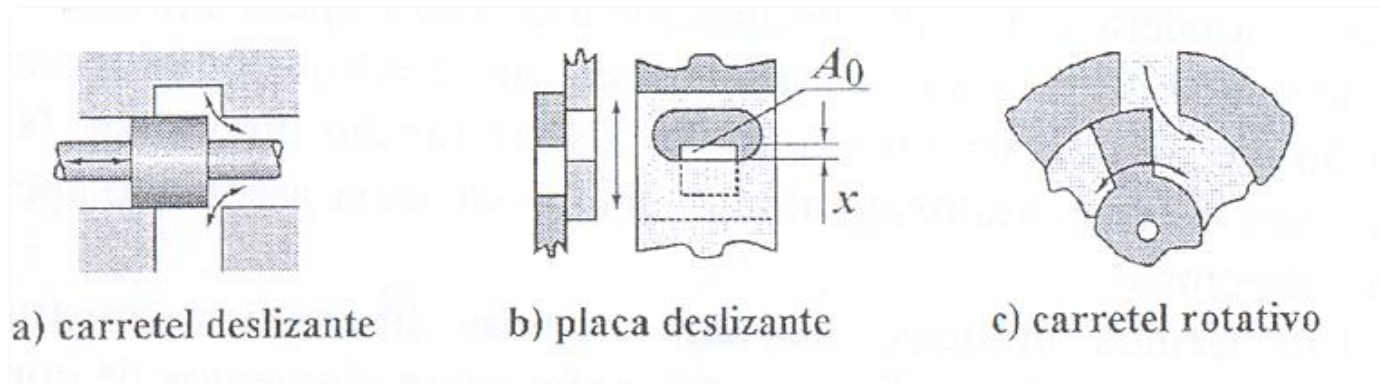
- **Introdução**
- **Controle de pressão**
- **Controle de vazão**
- **Controle de direção**

- **Introdução**
- **Controle de pressão**
- **Controle de vazão**
- **Controle de direção**

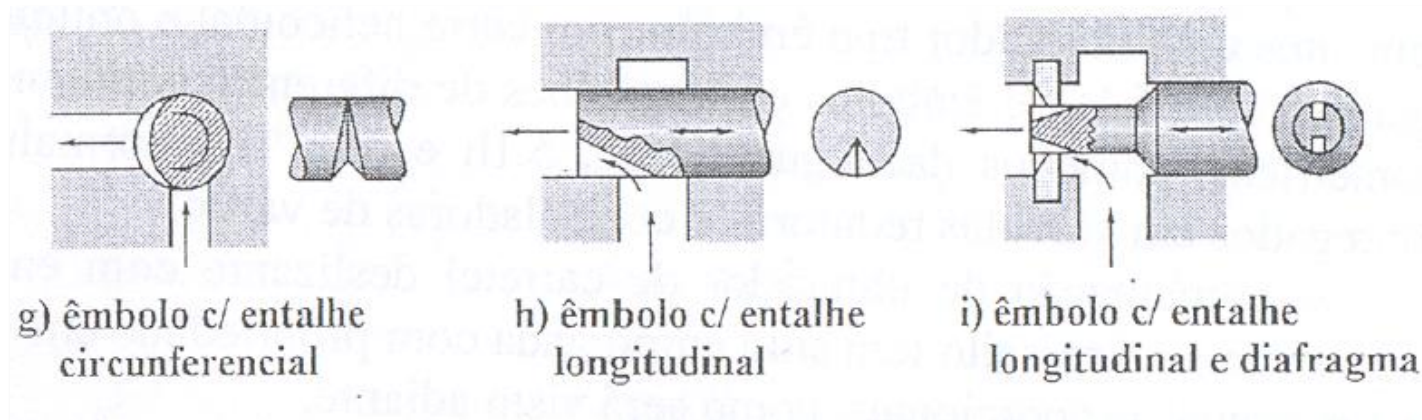
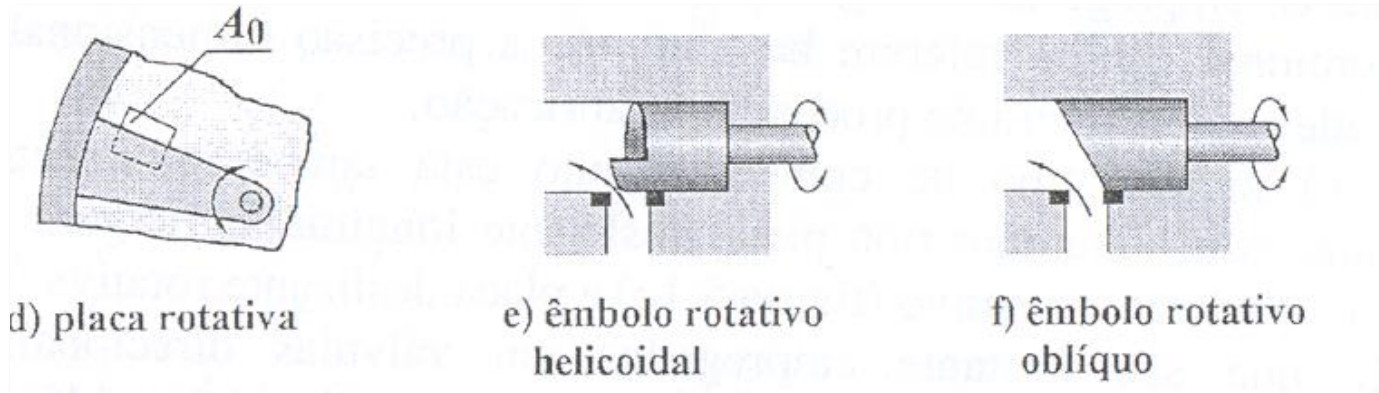
- A limitação e/ou controle de energia é realizada, em princípio atuando-se sobre o valor da potência hidráulica por intermédio de componentes que alteram os valores de pressão e/ou vazão através de dois princípios de ação:
 - Ação de limitação ou controle é realizada com pequena dissipação de energia, conhecido como controle conservativo (bombas ou motores de deslocamento variável);
 - Limitação ou controle está associada à dissipação de energia, referenciado como controle resistivo (válvulas);

- O controle resistivo possibilita variações rápidas em vazão ou pressão e custo mais baixo se comparado com motores ou bombas de deslocamento variável.
- Válvulas: componentes que realizam controle resistivo por intermédio de restrições de área fixa ou variável de diferentes configurações geométricas.

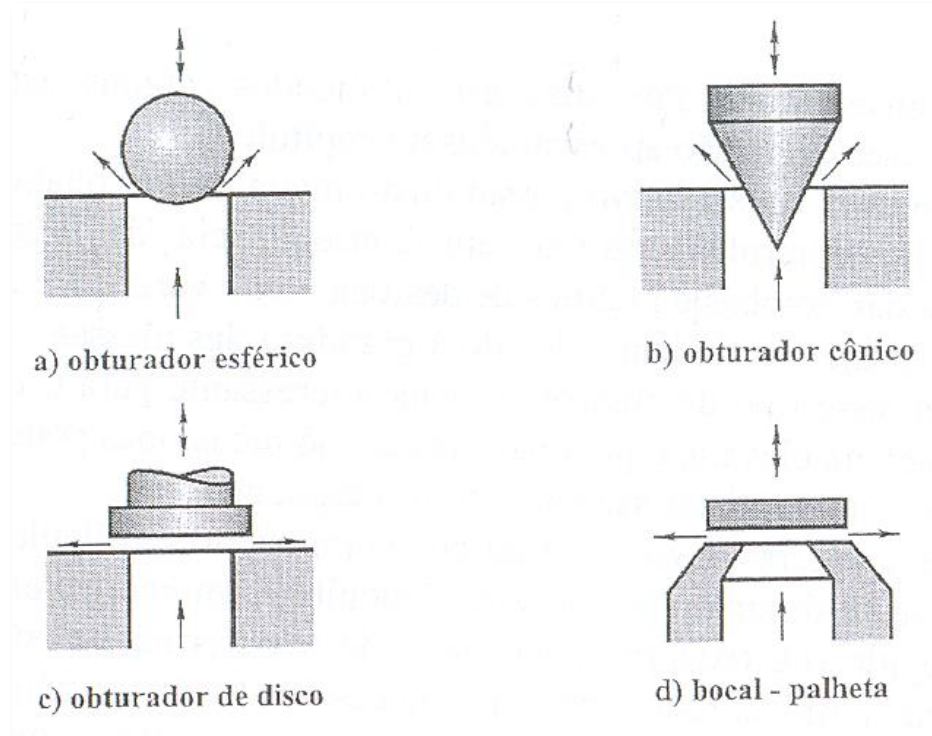
- As restrições variáveis são constituídos basicamente de um orifício e de um obturador responsável pelo estabelecimento do valor da área da restrição. Esses elementos de válvulas possuem características geométricas próprias que permitem classificá-los como elementos deslizantes e elementos de assento.
- Elementos deslizantes:



- Elementos deslizantes:



- Elementos de assento: a variação da posição de um obturador em relação a um assento garante o controle



- Principais tipos de válvulas:
 - Válvulas de pressão: controlam a pressão em todo sistema hidráulico ou em partes dele.
 - Válvulas de vazão: controlam a vazão ao longo do sistema hidráulico.
 - Válvulas direcionais: comandam a partida, parada e sentido de movimento dos atuadores.
- Finalidade:
 - As válvulas são usadas em circuitos hidráulicos para controlar e direcionar o fluido.

- Introdução
- Controle de pressão
- Controle de vazão
- Controle de direção

- Uma característica importante dos sistemas hidráulicos é a possibilidade de controlar ou limitar a pressão.
 - função básica de segurança contra sobrecargas;
 - limitação e/ou controle de forças e torques ou velocidades.
 - Realizado por válvulas **limitadoras de pressão** e por válvulas **reductoras de pressão (válvulas de alívio)**

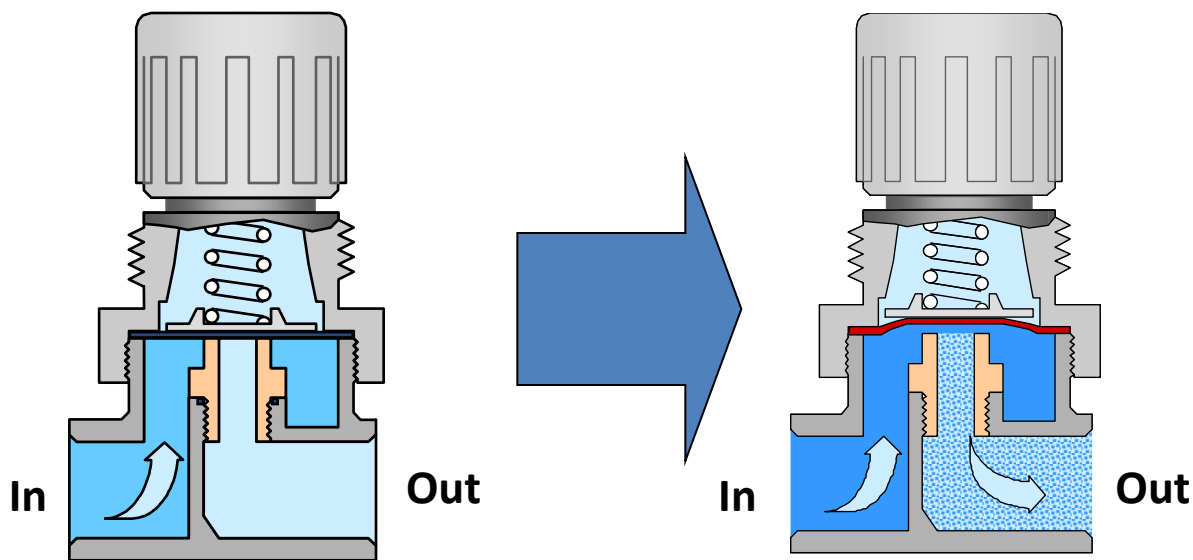
- **Válvulas limitadoras de pressão**
 - São normalmente fechadas e a **pressão na entrada** é ajustada por força de mola, ou seja, a válvula só abre quando a força de mola for superada pela força devido a pressão na entrada.

- **Válvula de Alívio**

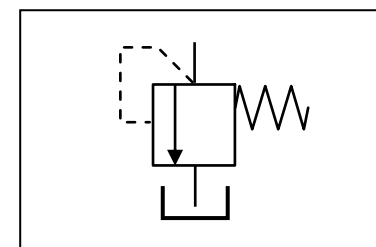
- Funcionamento:
- Protege os componentes do sistema contra sobrecarga de pressão.
- Esta válvula tem uma abertura ligada à linha pressurizada (IN) e outra ao reservatório (OUT). A pressão da mola evita que o diafragma da válvula seja levantado quando a pressão na entrada está abaixo de um determinado valor nominal. Uma pressão excessiva levanta o diafragma, abrindo a válvula de alívio. Quando a pressão retorna ao valor nominal, a mola torna a fechar a válvula.

- Válvula de Alívio

- Funcionamento:



SIMBOLOGIA



- **Válvula de Alívio**

- Funcionamento:

Pressão de abertura – “cracking pressure”: P_c

$$P_c \times A = F_{m0} = K_m \times x_0 \rightarrow P_c = F_{m0} / A$$

x_0 – Deslocamento inicial da mola

K_m – Constante da mola

P_c – Pressão de abertura

F_{m0} – Força inicial aplicada sobre a mola

A – Área do diafragma onde é aplicada a pressão do fluido

- **Válvula de Alívio**

- Funcionamento:

Balanceamento das forças durante a abertura:

$$P \times A = K_m(x_0 + x) + M \frac{d^2x}{dt^2} + F_a$$

x – Deslocamento adicional da mola

F_a – força de atrito de Coulomb

P – Pressão na linha

M – massa do corpo da válvula

- **Válvula de Alívio**

- Funcionamento:
- Balanceamento das forças quando aberta:
 - Para minimizar a variação na pressão devido à abertura x , a relação (K_m/A) deve ser a menor possível.

$$P \times A = K_m(x_0 + x)$$

- Vazão quando aberta: Q

$$Q = K_v x \sqrt{\frac{2}{\rho} (P - P_r)}$$

K_v – Constante que combina o coeficiente de descarga e geometria da válvula

P_r – Pressão no retorno (reservatório)

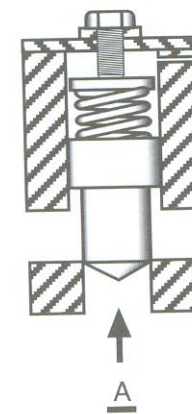
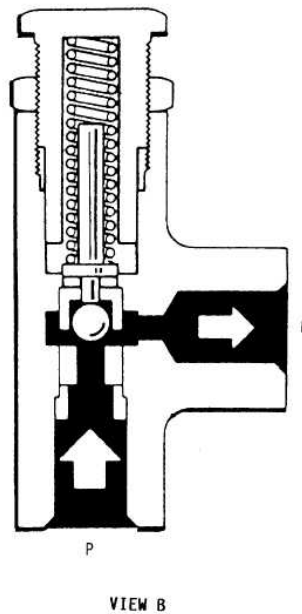
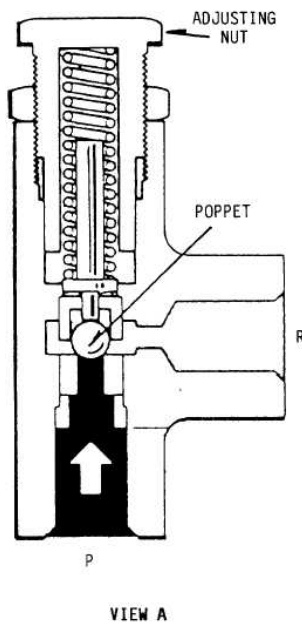
ρ – densidade do fluido

- O fluido a alta pressão desviado para o dreno, transfere sua energia, sob forma de calor, para a válvula. Se o aumento de temperatura for considerável, torna-se necessário o uso de um trocador de calor.

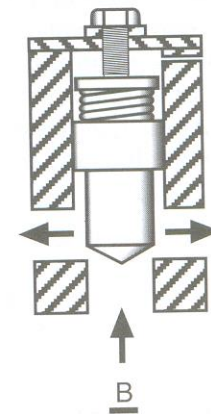
- **Válvula de Alívio**

- Usada como backup para válvulas reguladoras de pressão (próximo item). Neste caso são ajustadas para abrir a uma 125% da pressão do sistema.
- Usada em diferentes pontos do sistema para alívio de pressão resultante do aumento de temperatura e da falta de espaço para aumento do volume. São conhecidas como válvulas de alívio térmico (*thermal relief valve*).
- Usada em conjunto com bombas de deslocamento fixo.
- Usada para ajustar sequências de operações.

Configurações

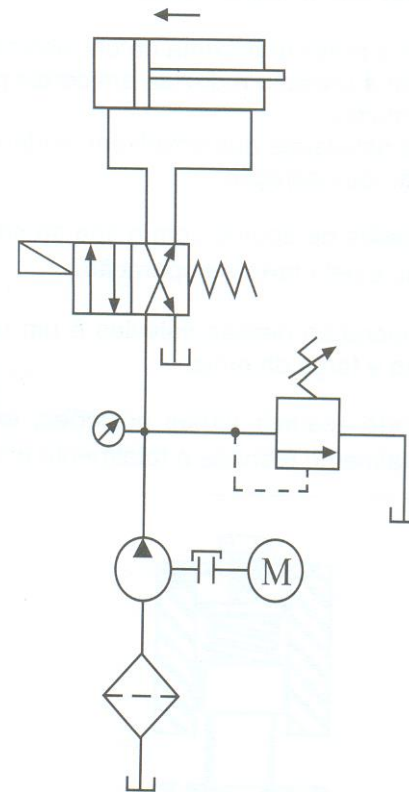
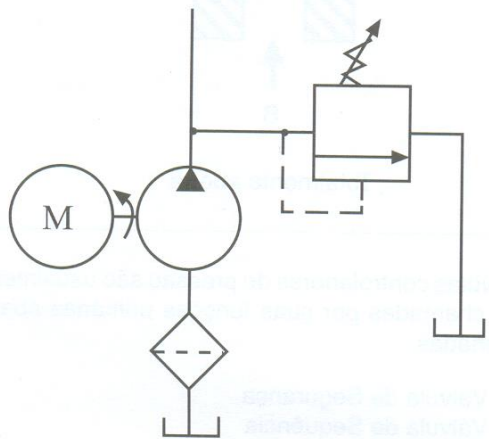


Totalmente fechada

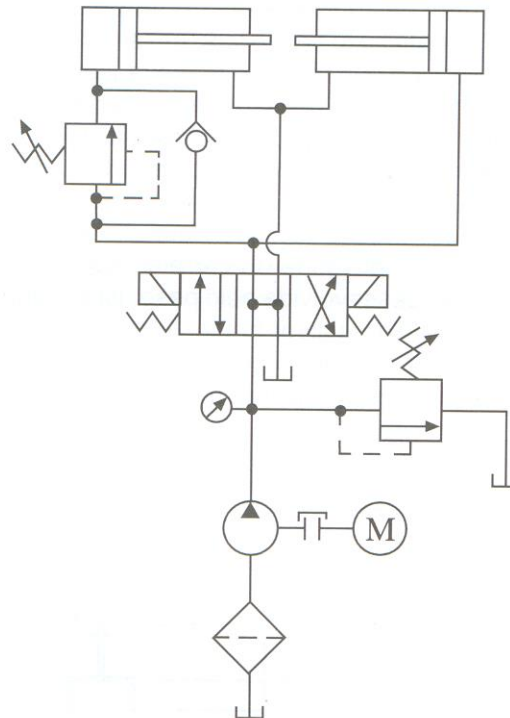


Totalmente aberta

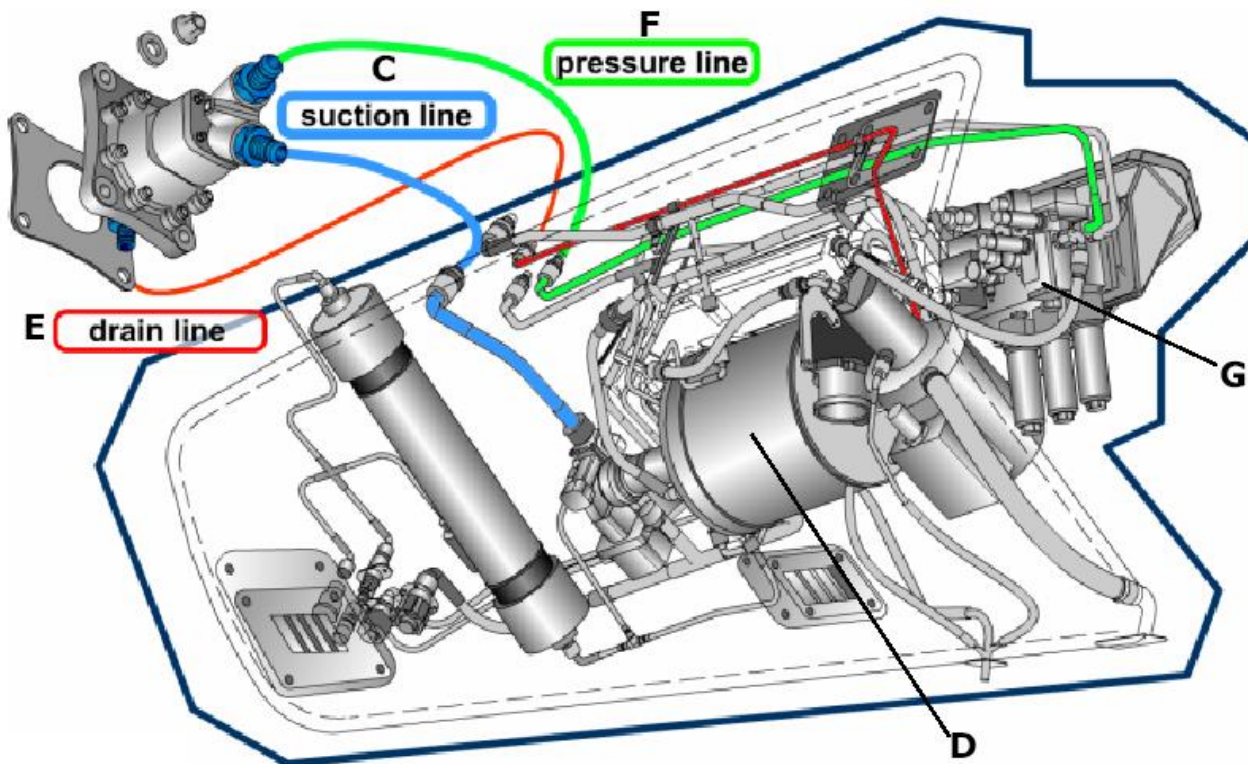
Válvula de alívio e bomba de deslocamento fixo



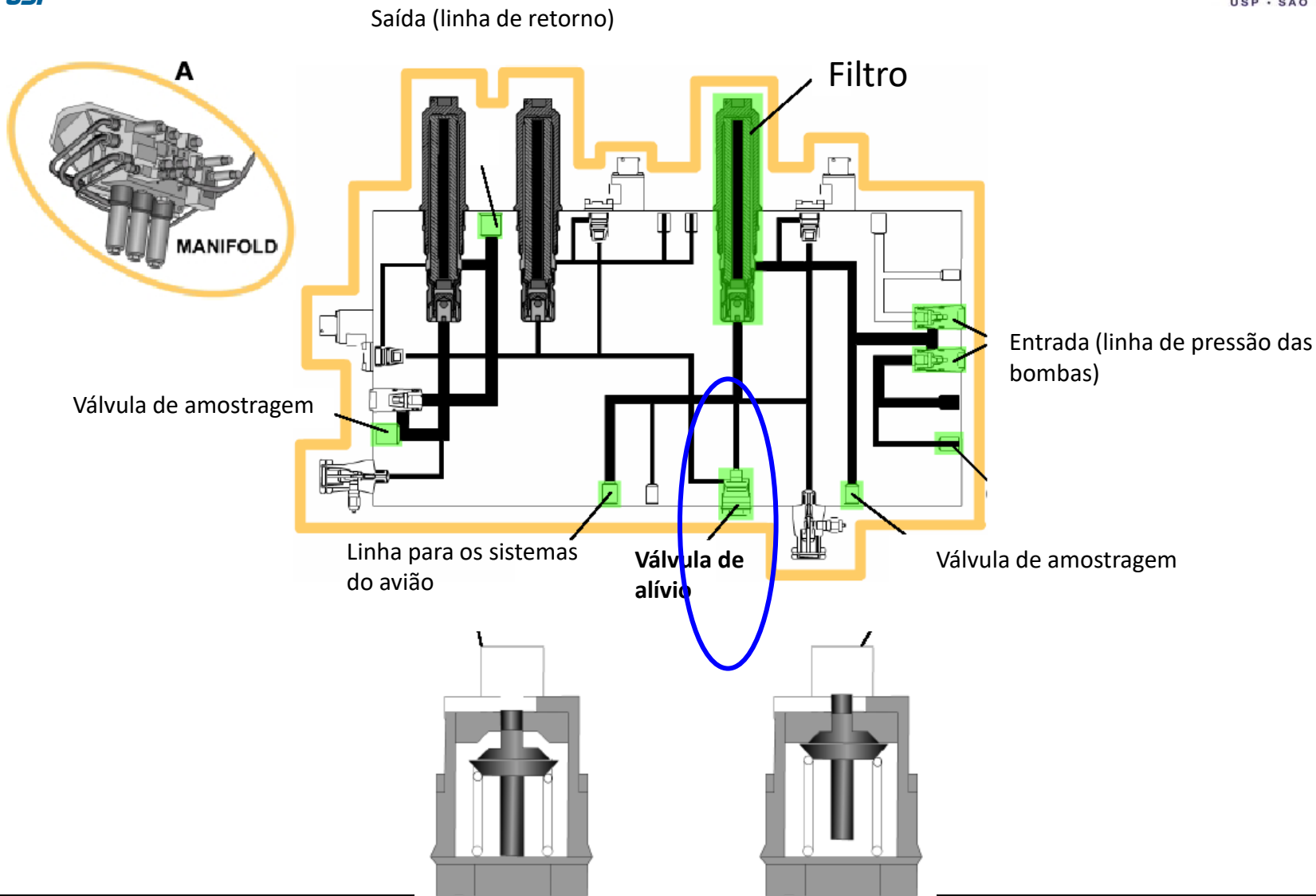
Válvula de seqüência



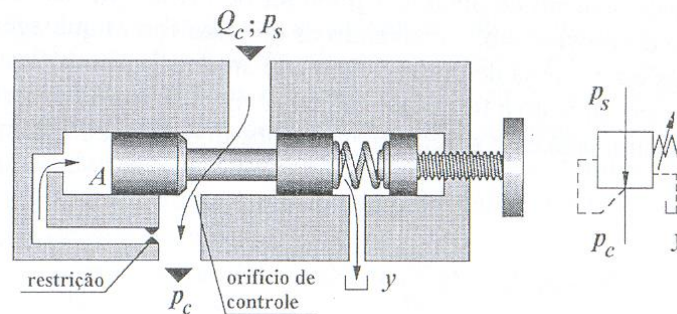
Controle de pressão



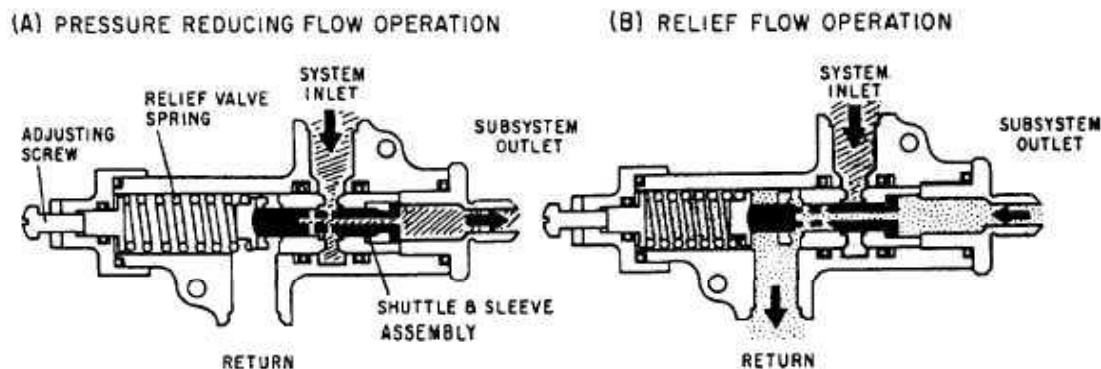
Controle de pressão



- **Válvulas redutoras ou reguladoras de pressão**
 - Função de manter a pressão de regime em algum trecho do sistema hidráulico constante e inferior à pressão na saída da unidade de conversão primária.
 - Ao contrário das válvulas limitadoras de pressão, são normalmente abertas e a pressão ajustada por força de mola é a pressão na saída, sendo a pressão na entrada sempre superior.

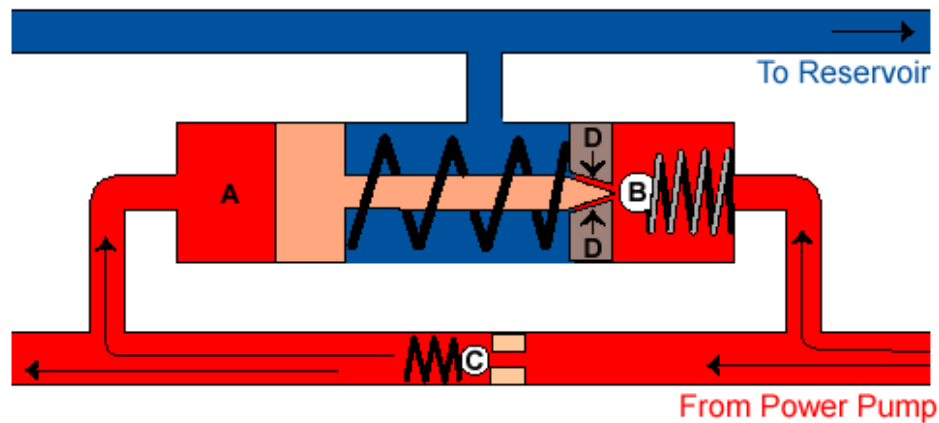


- **Válvulas redutoras ou reguladoras de pressão**
 - A pressão na saída da válvula também atua sobre a área da face do obturador, A, através do canal de pilotagem, gerando uma força que se contrapõe à força de mola. Se a pressão na saída varia, altera-se a força sobre o obturador, o sistema se desequilibra e o obturador desloca-se de sua posição original. Logo, a área do orifício é modificada, assim como a perda de carga (que também depende da vazão Q_c)
 - Assim, quando a pressão reduzida p_c tende a aumentar o obturador desloca-se contra a mola, reduzindo a área do orifício e, conseqüentemente, aumentando a perda de carga e inibindo a tendência de aumento de pressão.



- **Válvulas redutoras ou reguladoras de pressão**
 - Funcionamento:
 - Têm como finalidade manter a pressão do sistema dentro de uma certa faixa.
 - Quando um cilindro chega ao seu fim de curso, isto causa um aumento da pressão no sistema. Nestas condições, o fluido proveniente da bomba faz com que a Válvula C permaneça aberta, atuando sobre o Pistão A, o qual empurra a esfera B de seu assento D. O fluido escolhe então o caminho de menor resistência, passando através de D para a câmara central (em azul) e de volta para o reservatório.

- Válvulas redutoras ou reguladoras de pressão
 - Funcionamento:



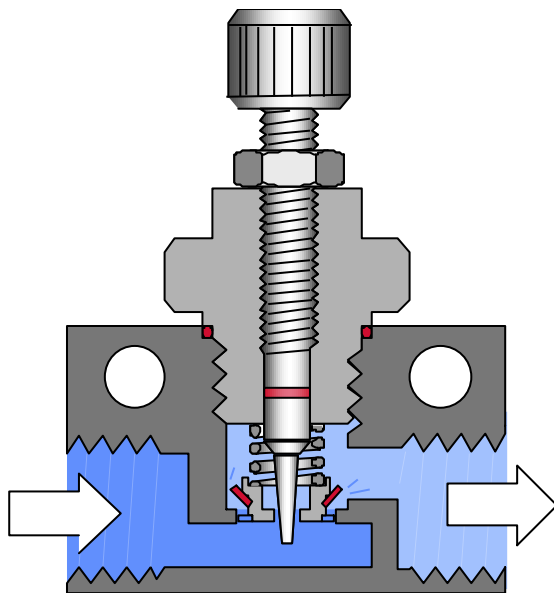
- **Válvulas redutoras ou reguladoras de pressão**
 - Funcionamento:
 - A pressão no lado direito da Válvula C diminuirá fazendo com que a esfera da Válvula C volte ao seu assento. Quando a pressão no sistema diminuir, o Pistão A retornará a sua posição original, fechando a passagem D. O fluido se dirigirá a Válvula C, mas como a pressão agora é maior no lado direito, a Válvula C será aberta.
 - A faixa de operação do regulador de pressão é definida pela diferença entre a força necessária para o bypass e a força necessária para atuação (abertura da Válvula C).

- Introdução
- Controle de pressão
- Controle de vazão
- Controle de direção

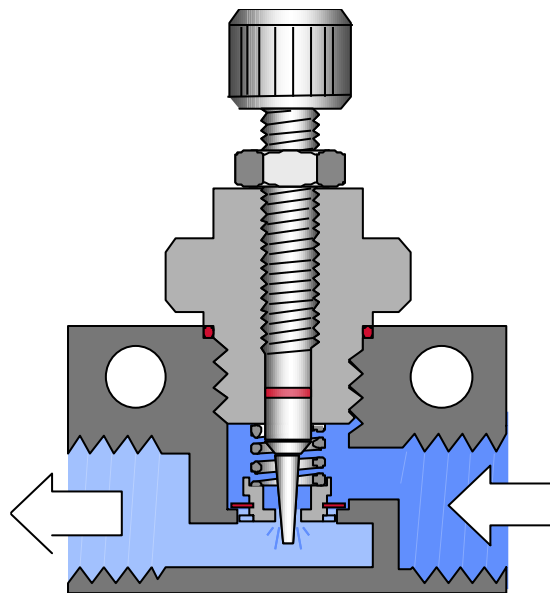
- **Controle ou restrição de vazão**

- Funcionamento:

- Restringem o fluxo em um sentido enquanto permitem fluxo livre no sentido oposto.
- De acordo com a válvula a restrição do fluxo pode ser (ou não) regulável.

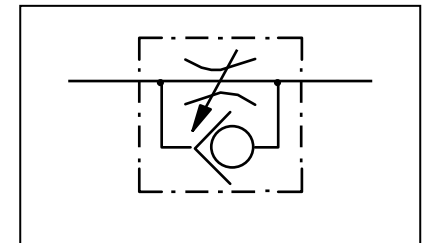


Fluxo livre



Fluxo restrito

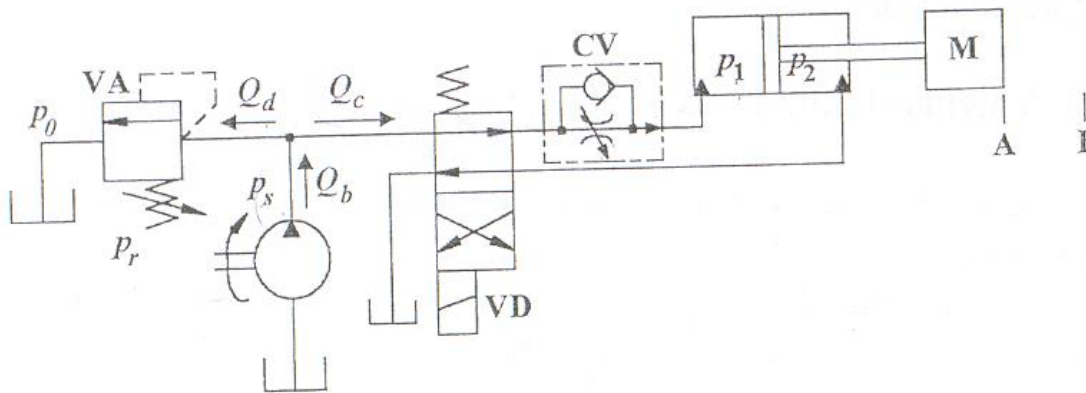
SIMBOLOGIA



- **Controle ou restrição de vazão**

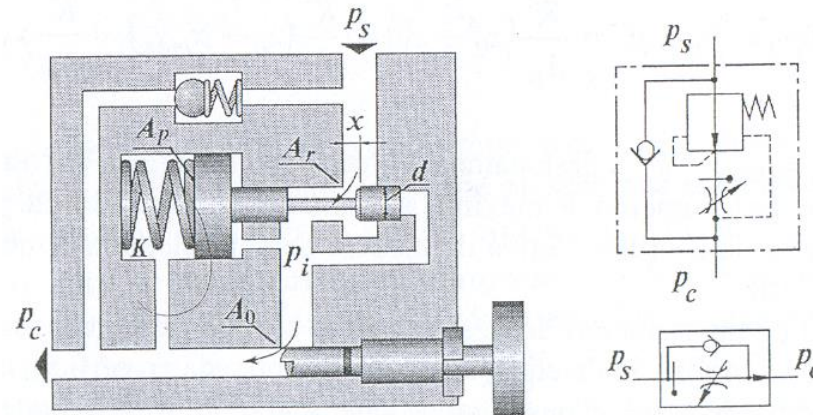
- Funcionamento:

- O controle resistivo da vazão é baseado no princípio do controle da resistência ao escoamento (perda de carga) através de orifícios.



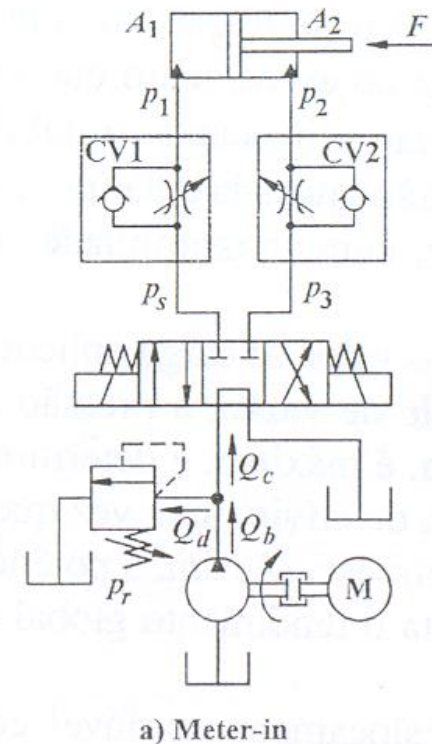
$$Q \approx A \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

- Controle ou restrição de vazão
 - Funcionamento:

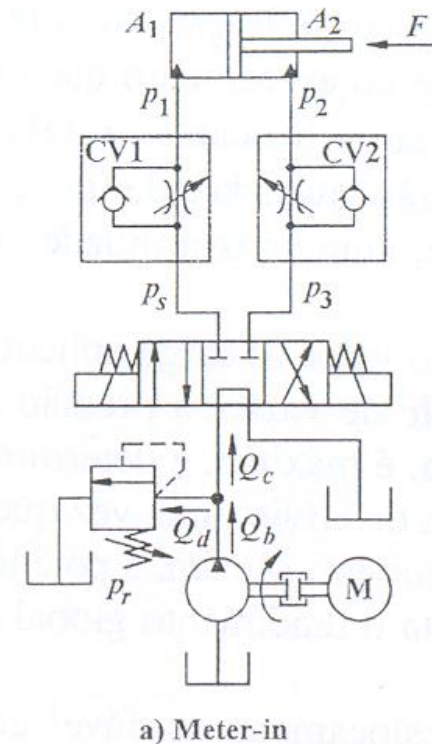


- Válvula redutora de pressão através da variação de A_r . Para qualquer P_s , P_i deverá ser aproximadamente constante e, conseqüentemente, ΔP_0 deverá ser constante para cada valor de abertura do orifício da redutora de vazão

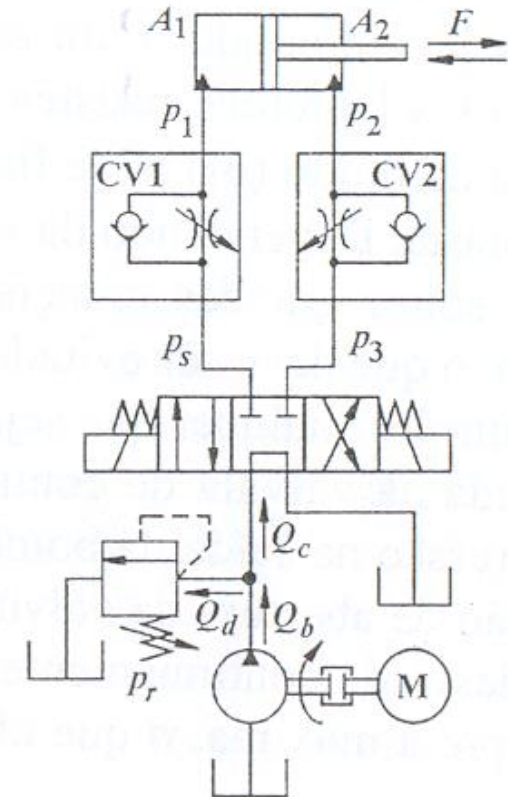
- Métodos clássicos de controle de vazão em sistemas
 - Controle de vazão na entrada (*meter in*):
 - A válvula de controle de vazão é montada na entrada do cilindro.
 - A velocidade de avanço da haste do cilindro é estabelecida pela vazão que entra no cilindro, controlada pela válvula de vazão CV1.



- Métodos clássicos de controle de vazão em sistemas
 - Controle de vazão na entrada (*meter in*):
 - O retorno da haste do cilindro é determinada pela vazão que entra na câmara da haste, controlada pela válvula de controle de vazão CV2.
 - Esta configuração permite que as velocidades de avanço e retorno sejam controladas de forma independente, mas sempre na entrada do cilindro.
 - Utilizadas em aplicações onde a carga resiste ao movimento do atuador.

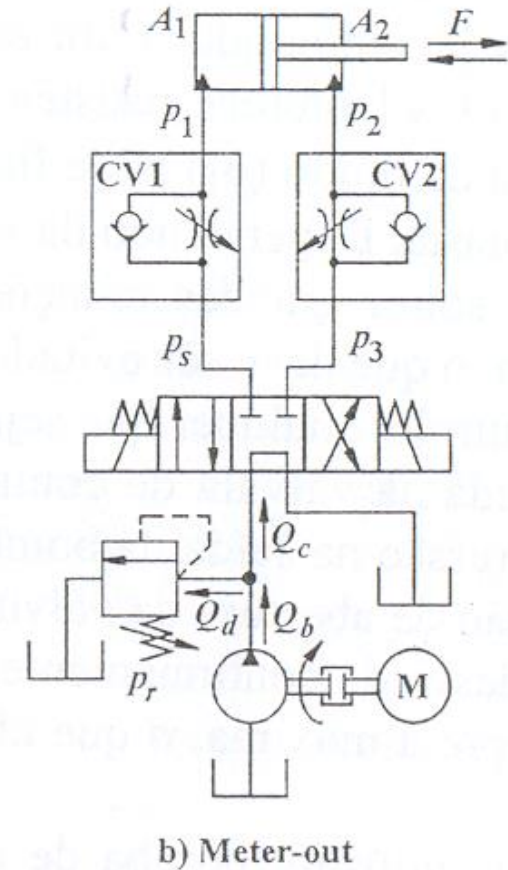


- Métodos clássicos de controle de vazão em sistemas
 - Controle de vazão na saída (*meter out*):
 - A válvula de controle de vazão é montada na saída do cilindro.
 - Controla a vazão induzida de saída de cada câmara do cilindro, tanto no avanço quanto no retorno.

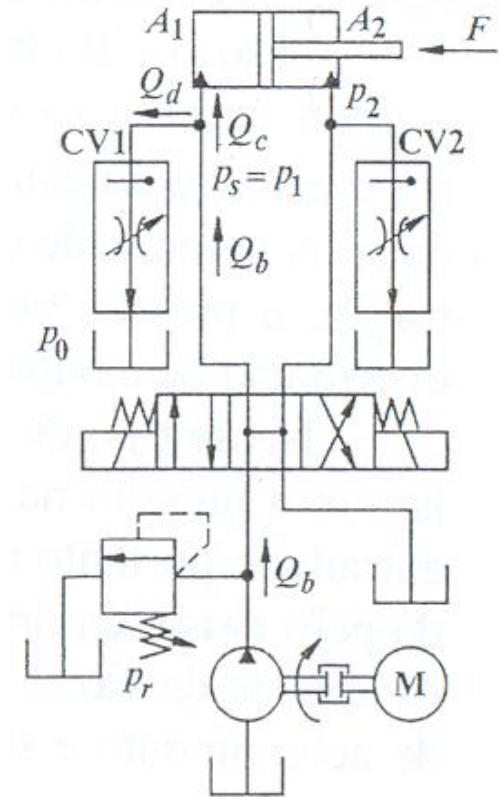


b) Meter-out

- Métodos clássicos de controle de vazão em sistemas
 - Controle de vazão na saída (*meter out*):
 - A diferença construtiva em relação ao controle na entrada é a inversão da montagem das válvulas de controle de vazão CV1 e CV2. Assim a vazão de entrada no cilindro, tanto no avanço quanto no retorno não sofre restrição.
 - Utilizadas em aplicações onde a carga tende a deslocar-se na mesma direção do atuador.



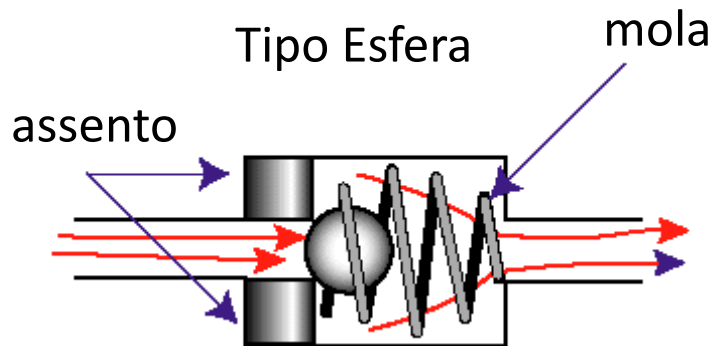
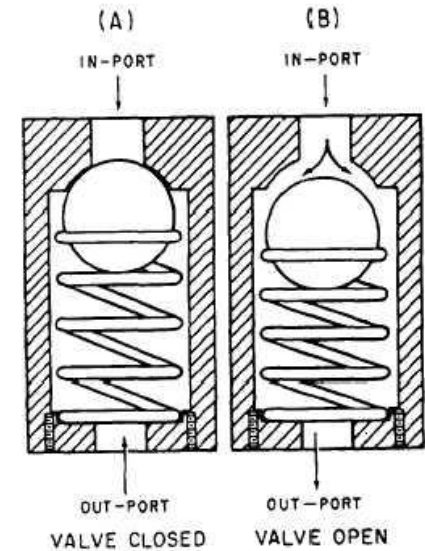
- Métodos clássicos de controle de vazão em sistemas
 - Controle de vazão por sangria (*bleed off*):
 - A válvula de controle de vazão é montada na saída do cilindro.
 - Controla a vazão induzida de saída de cada câmara do cilindro, tanto no avanço quanto no retorno.
 - Menor precisão de controle pois a vazão regulada está indo para o reservatório, assim o atuador fica sujeita à irregularidade da bomba.



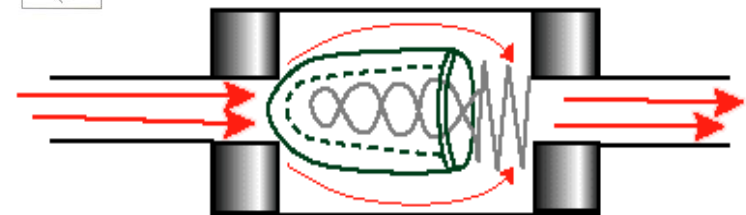
c) Bleed-off

- **Introdução**
- **Controle de pressão**
- **Controle de vazão**
- **Controle de direção**

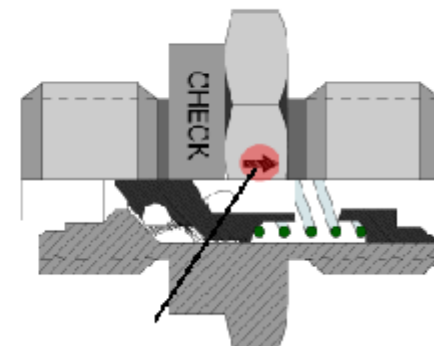
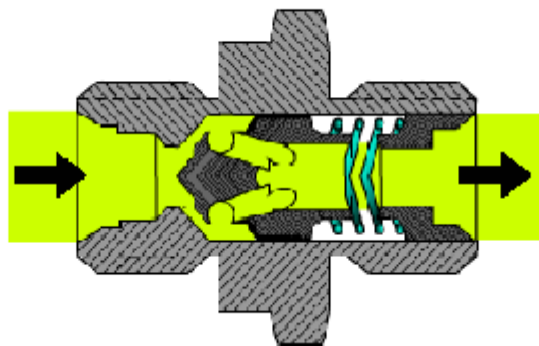
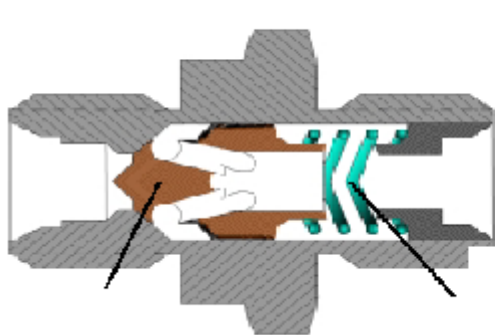
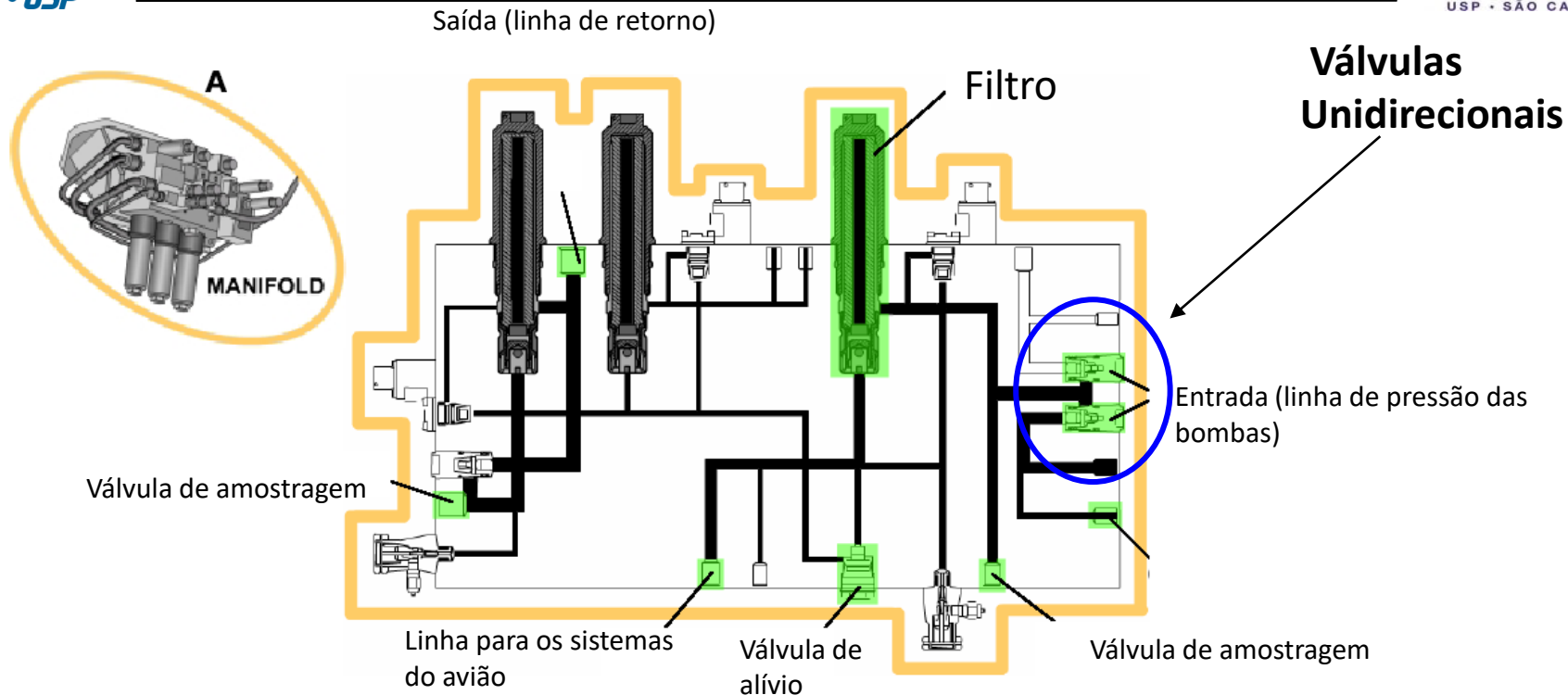
- **Válvulas de retenção unidirecional (*check valves*)**
 - Permitem o deslocamento do fluido somente em um sentido.
 - Possuem um assento contra o qual um elemento é comprimido por meio de uma mola.
 - Quando há vazão na entrada o elemento de assento se abre, no sentido oposto a válvula se fecha.



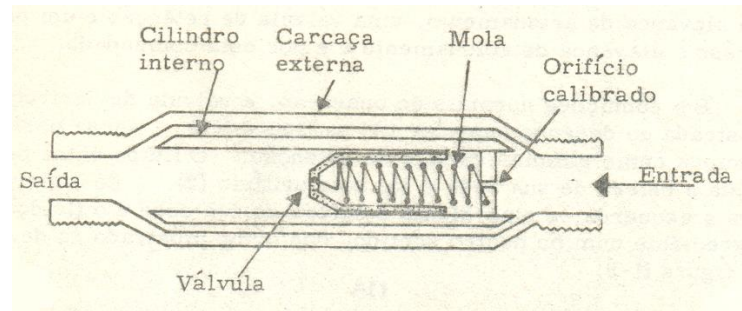
Tipo Poppet



Controle de direção

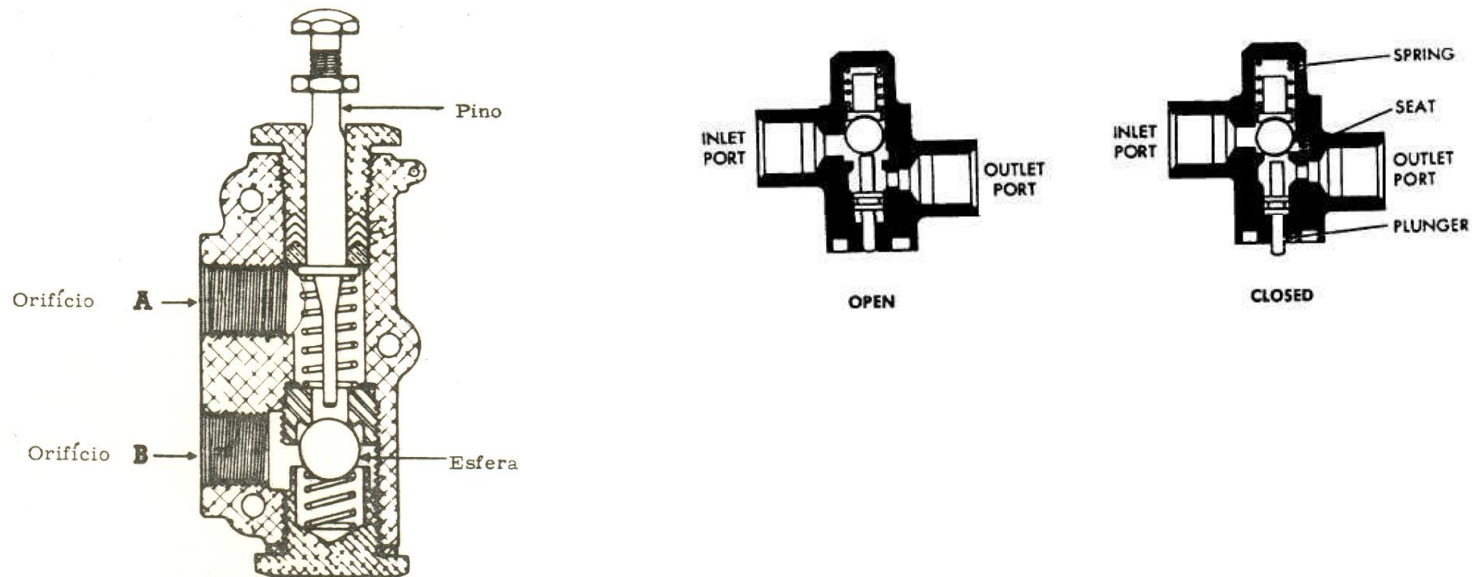


- **Fusíveis hidráulicos**
- Tem finalidade de isolar uma linha hidráulica que tenha se rompido, evitando perda excessiva de fluido



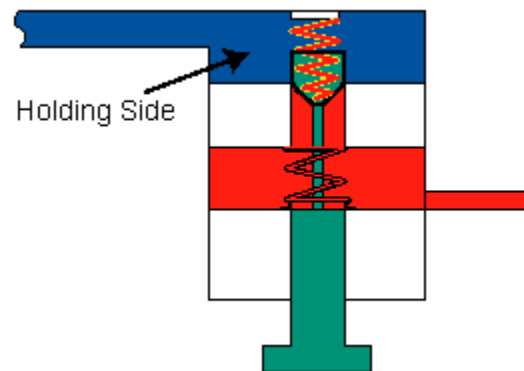
- No lado direito existe um orifício calibrado que permite que uma quantidade de fluido entre por trás da válvula. Em operação normal a pressão nesta câmara é aproximadamente igual a pressão no lado oposto, assim a válvula não se move. Quando há uma queda de pressão significativa na saída, a válvula se desloca para a esquerda fechando a saída do fusível. Quando a diferença de pressão for reduzida a mola traz a válvula para sua posição original.

- **Válvulas de sequência**
- Tem finalidade de estabelecer a ordem de execução de uma seqüência de operações entre dois ramos de um circuito.

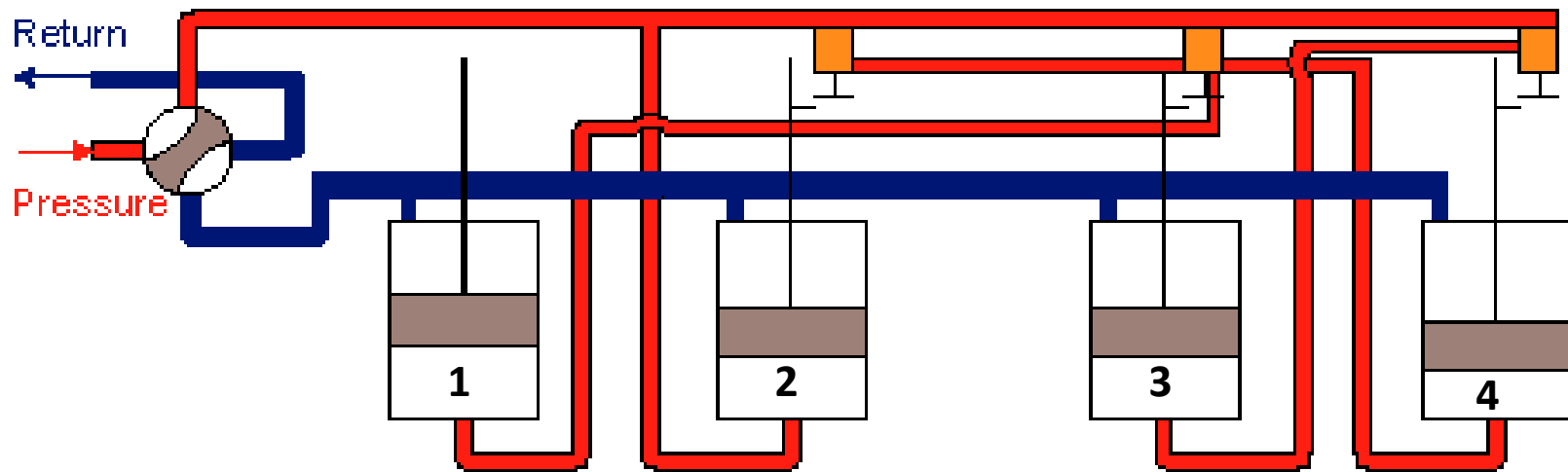


- O fluido escoa livremente de A para B.
- No sentido contrário somente se a esfera estiver afastada de sede, o que ocorre quando o pino estiver atuado.

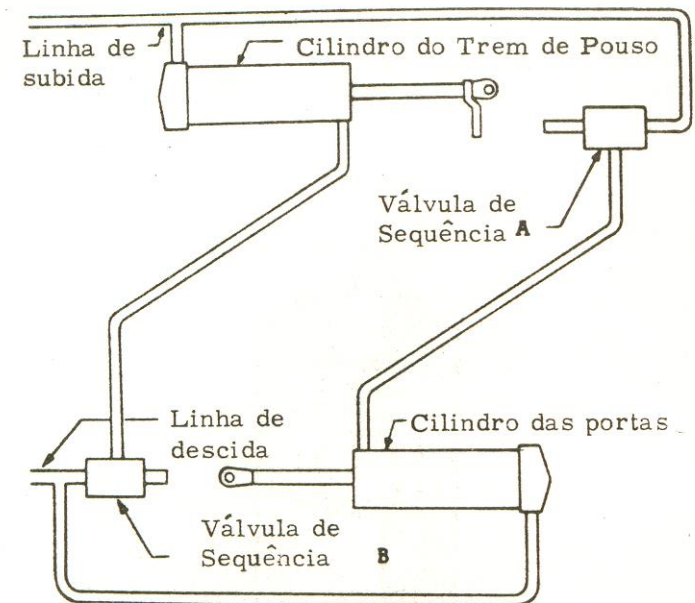
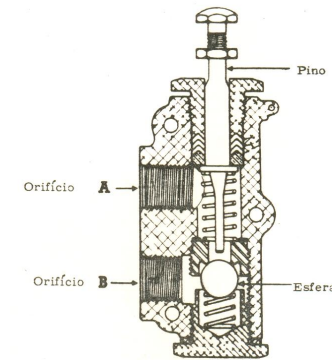
- **Válvulas de sequência**
- Funcionamento:
 - Uma utilização típica desse tipo de válvula é quando se deseja que um pistão inicie seu curso quando um outro pistão tenha terminado seu movimento. Neste caso a extremidade do pistão é conectada a abertura válvula de sequência. A medida que o pistão se desloca para cima, ele atinge a haste da válvula de sequência (em verde), que é então deslocada para cima. A válvula será aberta linha ainda não pressurizada (em azul) será conectada a linha pressurizada (em vermelho).



- Válvulas de sequência
- Exemplo: Sequência de acionamento: 2,4,3,1.



- Válvulas de seqüência
- Exemplo: Trem de pouso
- Durante a retração do trem de pouso o fluido é dirigido para o cilindro de acionamento do trem e válvula A. Nesta condição esta válvula está fechada e impede que o fluido alcance o cilindro das portas. Quando o cilindro do trem se aproxima do final de seu curso ele calça o pino da válvula A deixando passar o fluido para o cilindro da portas, fechando-a. O fluido proveniente da saída do cilindro do trem passa para linha de descida (retorno nesta condição) através da válvula B. (do orifício A para o B).

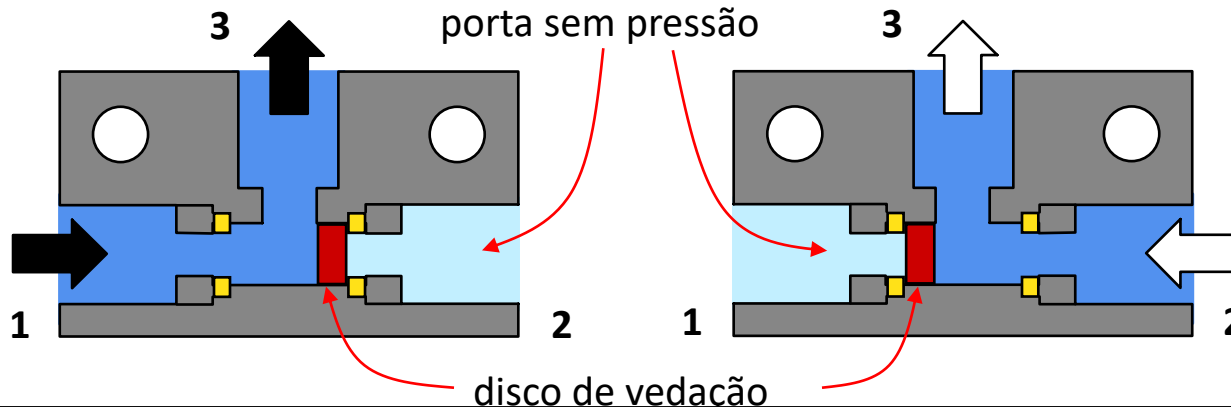


- **Válvulas lançadeiras (Shuttle Valve) – válvulas do tipo OU**
- Função principal é isolar os sistemas de emergência e sistema principal, além de conectar automaticamente o sistema de emergência.
- Funcionamento:
 - Se existir pressão em apenas uma das entradas (Porta 1 OU Porta 2), o disco de vedação se move para vedar a porta não pressurizada, evitando assim a perda de pressão.
 - Em muitas aeronaves é empregada para acionamento do trem de pouso, onde a fonte alternativa para o caso de falha das bombas hidráulicas provém de uma bomba manual ou de um volume de gás comprimido armazenado a alta pressão - ACUMULADOR.

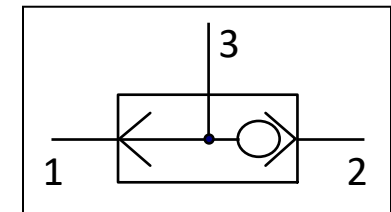
- Válvulas lançadeiras (Shuttle Valve) – válvulas do tipo OU
- Funcionamento:
 - Se existir pressão em apenas uma das entradas (Porta 1 OU Porta 2), o disco de vedação se move para vedar a porta não pressurizada, evitando assim a perda de pressão.
 - Em muitas aeronaves é empregada para acionamento do trem de pouso, onde a fonte alternativa para o caso de falha das bombas hidráulicas provém de uma bomba manual ou de um volume de gás comprimido armazenado a alta pressão - ACUMULADOR.

Situação Normal

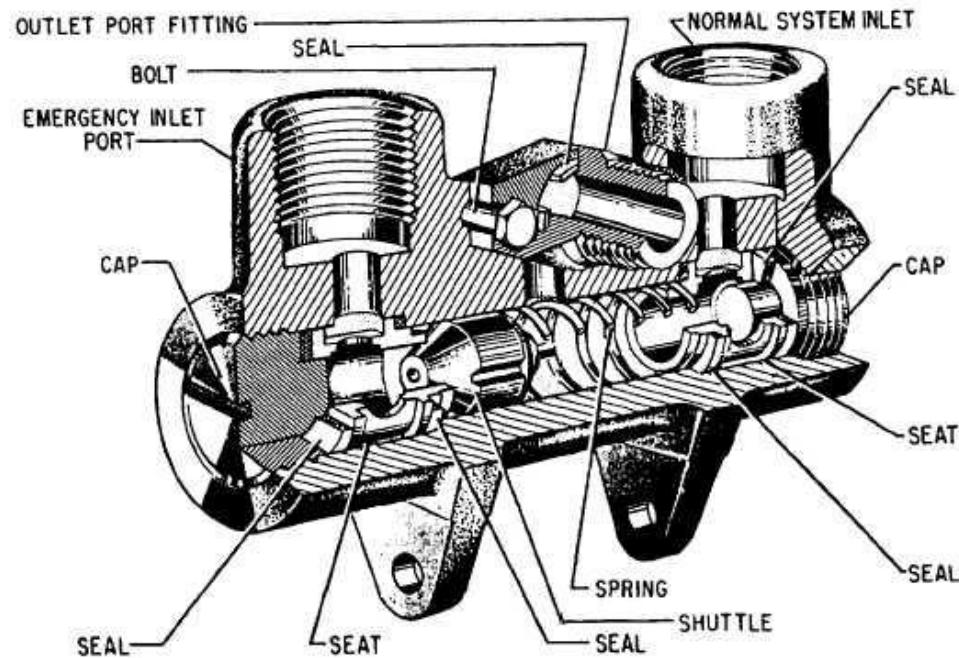
Situação de Emergência



SIMBOLOGIA

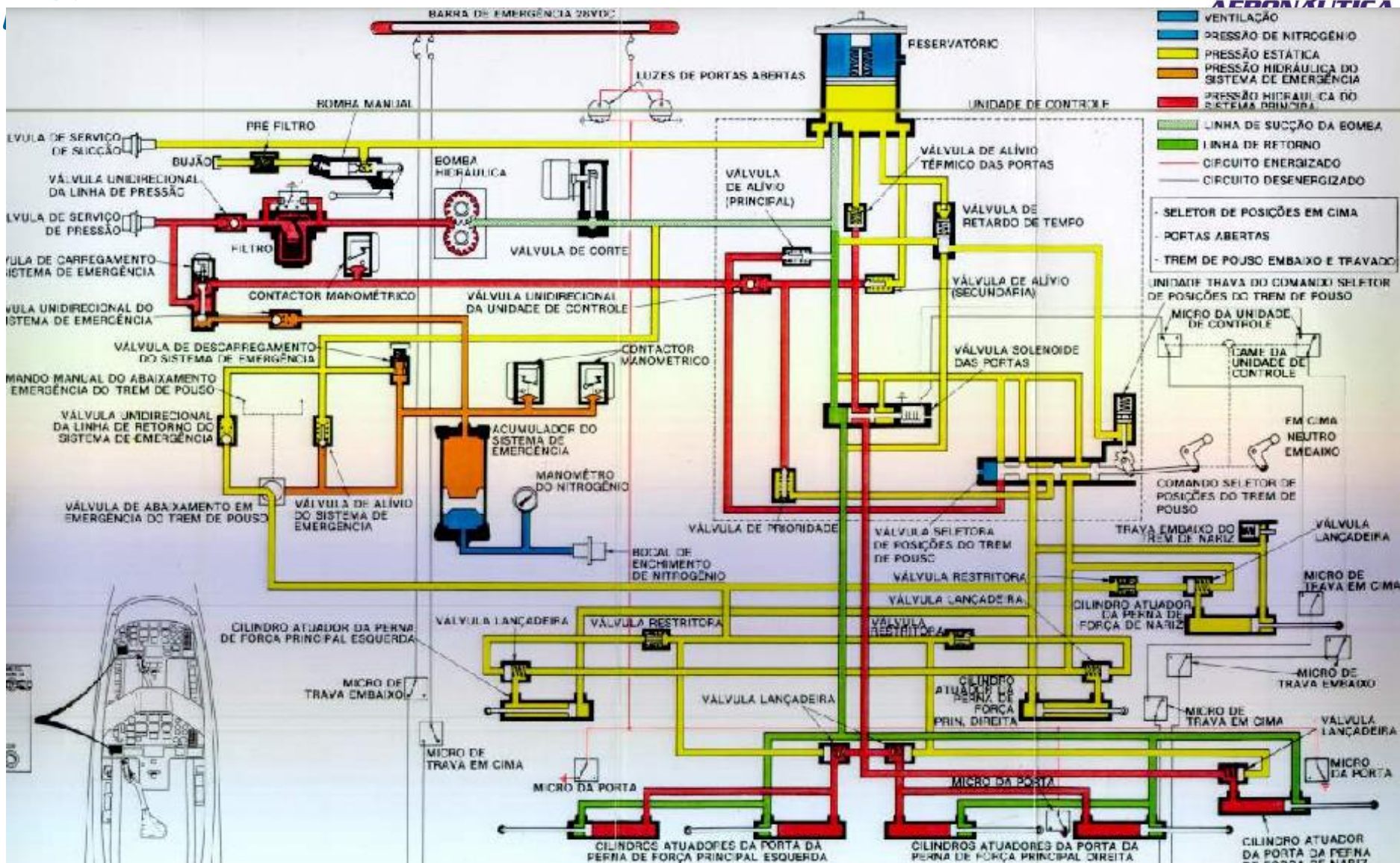


- Válvulas lançadeiras (Shuttle Valve) – válvulas do tipo OU

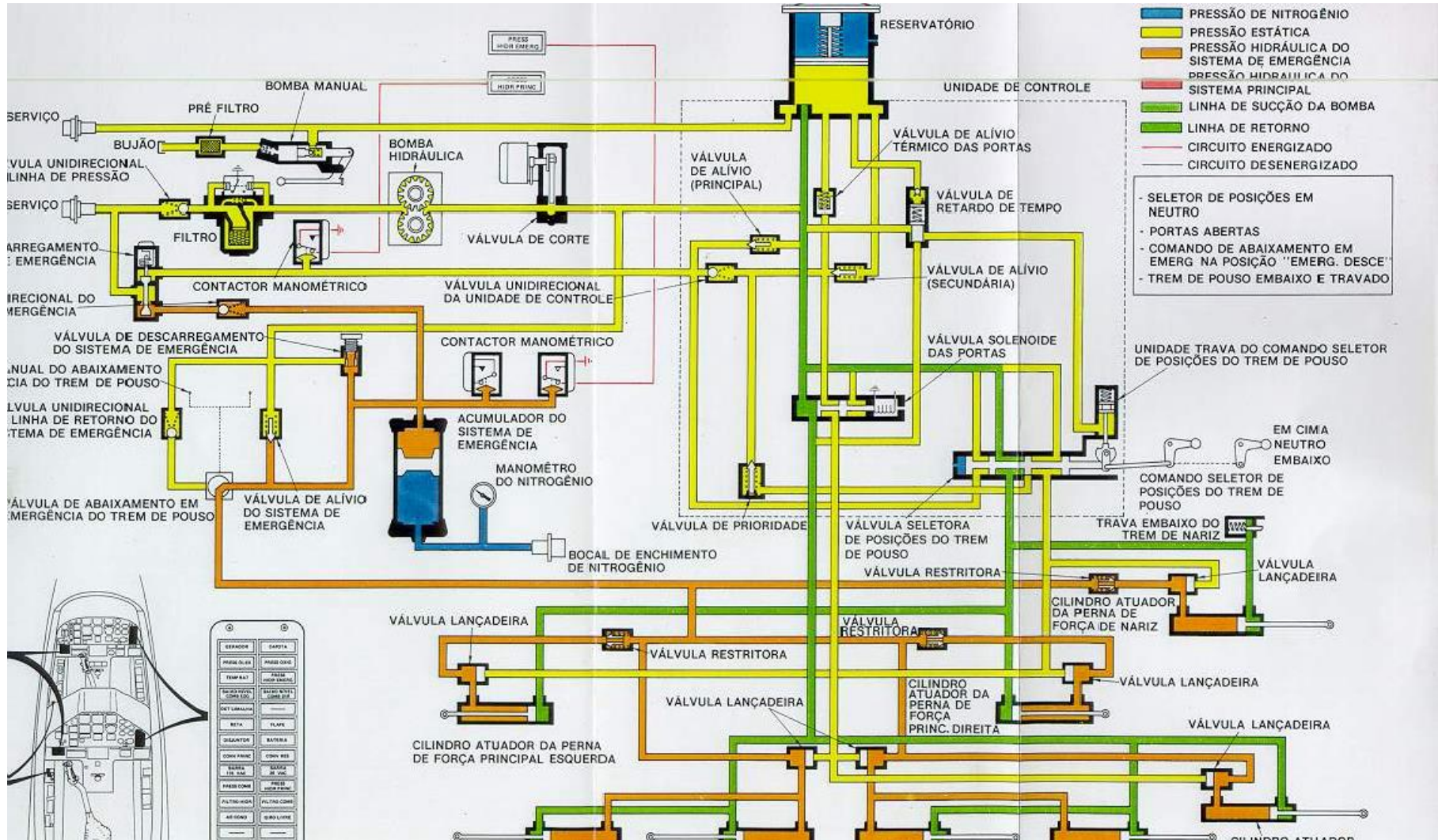




UNIDADE DE CONTROLE - ABRIR PORTAS



UNIDADE DE CONTROLE - ABAIXAMENTO DOS TRENS EM EMERGÊNCIA



- Green – Aircraft Hydraulic Systems, John Wiley, 1985.
- Lewis, Stern – Design of Hydraulic Control Systems, McGraw-Hill, 1962
- Delp, Bent, McKinley – Aircraft Maintenance and Repair, 5th Edition, 1986.
- Merryt, H.E. – Hydraulic Control Systems.
- Lombardo, D. - Advanced Aircraft Systems.
- Moir, I.; Seabridge, A., Aircraft Systems.

FIM