Dispositivos de Alívio de Pressão
Testes de Fábrica

Colaboração de Juvêncio Vieira Santos, Nilo Sérgio Batitucci Ambrósio e Ricardo Cardo Peron Di Puglia da Petrobras

1. Introdução

Os dispositivos de alívio de pressão são partes da segurança de equipamentos, tubulações e dutos.
Esses dispositivos são, principalmente, as válvulas de alívio e os discos de ruptura ou de pino, e a função deles é proteger os equipamentos e os sistemas de tubulações e dutos contra pressões acima da pressão de projeto.

Por serem itens de segurança de instalações industriais, estes dispositivos são sujeitos a um processo de certificação da capacidade ou vazão de alívio, de 3ª parte ("third party") "type approval", isto é, independente do Fabricante ou Montador, a ser concedida por órgão e laboratório autorizados, visando a garantia da confiabilidade operacional.

Todos os dispositivos de segurança, contra o aumento de pressão interna, sejam as válvulas de alívio, de segurança, de segurança e alívio e os discos de ruptura ou de pino, a serem instalados para proteção de equipamentos e tubulações projetados segundo os códigos *ASME,* devem possuir certificado de capacidade de alívio.

Essa exigência deve ser cumprida não se admitindo a simples declaração do Fabricante ou Montador, afirmando que seus produtos seguem rigorosamente requisitos de empresa certificadora.
Ou seja, nos processos de compra destes dispositivos de segurança o Proponente, Fabricante ou Montador, deve apresentar, junto com a proposta de fornecimento, o certificado da válvula ou do disco, para as condições da capacidade de vazão de alívio.

Esse processo de certificação é conduzido para cada tipo de projeto e modelo de dispositivo e o objetivo principal é estabelecer o parâmetro corretivo entre a vazão teórica e a vazão efetiva.
O código *ASME Boiler & Pressure Vessel Code VIII Div.1* de Vasos de Pressão estabelece no parágrafo *UG-131 Certification of Capacity of Pressure Relief Devices***,** os requisitos para os testes de certificação da capacidade de válvula de alívio de pressão e disco de ruptura..

A Certificação de Capacidade é válida para determinado projeto e modelo de dispositivo de alívio de pressão, porém cada um dos dispositivos fabricados deve ser submetido às inspeções e testes de fabricação, para comprovar a qualidade do produto.

Estes testes de fábrica são testes de funcionamento e de pressão, conforme as condições estabelecidas pelo *ASME Sec VIII Div 1*, para Vasos de pressão, e *ASME Sec I*, para Caldeira a vapor:

- ✓ Pressão e sobrepressão ("*overpressure*") de abertura;
- ✓ Pressão de fechamento ("*blowdown*");
- ✓ Estanqueidade da sede ("*seat tightness*");
- ✓ Estabilidade em operação: batimento ou vibração;
- ✓ Teste de pressão hidrostática.

2. Referências

- ✓ API STANDARD 520

Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries
Part I-Sizing and Selection

- ✓ API STANDARD 520

Sizing, Selection, and Installation of Pressure-Relieving Devices in Refineries
Part II-Installation

- ✓ API STANDARD 521

Pressure-relieving and Depressuring Systems

- ✓ API STANDARD 526

Flanged Steel Pressure-relief Valves

- ✓ API Standard 527

Seat Tightness of Pressure Relief Valves

- ✓ API RECOMMENDED PRACTICE 576

Inspection of Pressure-relieving Devices

- ✓ ASME Boiler & Pressure Vessel Code

Section I - Rules for Construction of Power Boilers

- ✓ ASME Boiler & Pressure Vessel Code

Section VIII Division 1 - Rules for Construction of Pressure Vessels

- ✓ ASME PTC 25

Pressure Relief Devices - Performance Test Codes

- ✓ NB-18 National Board Pressure Relief Device Certification
- ✓ NB-23 National Board Inspection Code (NBIC)

3. Definições

o Válvula de alívio de pressão

É o dispositivo de alívio de pressão concebido para abrir e aliviar o excesso de pressão e depois tornar a fechar e evitar a perda posterior do fluido, após as condições normais serem restauradas. Conforme a aplicação pode ser: válvula de segurança, válvula de alívio, válvula de segurança e alívio.

o Válvula de segurança

É a válvula de alívio de pressão com mola, acionada pela pressão estática à montante da válvula e caracterizada por uma abertura rápida ou ação *pop.*
A válvula de segurança é utilizada com fluidos compressíveis.

o Válvula de alívio

É a válvula de alívio de pressão com mola, acionada pela pressão estática à montante da válvula, que normalmente abre em proporcional ao aumento da pressão sobre a pressão ajustada.
A válvula de alívio é utilizada com fluidos incompressíveis.

o Válvula de segurança e alívio

É a válvula de alívio de pressão que pode ser utilizada como válvula de segurança ou como válvula de alívio, dependendo da aplicação.

o Disco de ruptura

O disco de ruptura é um dispositivo de alívio de pressão, que não permite reutilização, acionado pela pressão estática na entrada, projetado para funcionar pela ruptura de um disco metálico em pressão e temperatura predeterminados.
Discos de ruptura são usados onde a abertura instantânea e completa de um dispositivo de alívio de pressão é necessária. Esses dispositivos protegem recipientes, tubulações e outros sistemas pressurizados de pressão excessiva ou mesmo de vácuo.
O disco de ruptura é orientado com o fluido de processo contra o lado côncavo do disco.
À medida que a pressão do fluido do processo aumenta, além da pressão de funcionamento permitida, o disco de ruptura começa a estufar. Este crescimento continua à medida que a pressão cresce até a resistência à tração do material ser atingida e ocorrer a ruptura.
O suporte do disco de ruptura é o corpo que contém e prende o disco de ruptura na posição.
A temperatura, especificada para o rompimento do disco de ruptura, deve ser informada pelo Fabricante e é a temperatura em que é esperado que o disco se rompa, quando submetido à pressão de alívio.

- Disco de pino

Disco de pino é outro tipo de dispositivo de alívio de pressão, que não permite reutilização, e funciona de forma semelhante ao disco de ruptura. Eles são projetados para funcionar pela ativação até o rompimento de um dispositivo tipo pino metálico, pela pressão estática na entrada de um corpo pressurizado que contém o pino.
Dispositivos de pino são usados em aplicações onde discos de ruptura devem ser substituídos por romperem com muita frequência ou até por não romperem. Por ser mais preciso no rompimento, a substituição de disco de ruptura por dispositivo de pino permite que a pressão de alívio se aproxime mais da pressão de projeto do equipamento ou tubulação, o que pode significar um aumento da capacidade produtiva.
Atualmente, muitos tipos de dispositivos de pino estão disponíveis no mercado e classificados nas seguintes categorias: pino de ruptura, pino de flambagem e pino de cisalhamento.

- Definição de Fabricante (Manufacturer) e Montador (Assembler) conforme os requisitos dos parágrafos *UG-136 (c) e (d) do código ASME Code Sec VIII Div 1*

Fabricante é definido como uma pessoa ou organização que é completamente responsável pelo projeto *design*, seleção de materiais, fabricação de todas as partes componentes, montagem, teste, vedação, calibração, transporte e certificação da capacidade, de dispositivos de alívio de pressão.
Montador é definido como uma pessoa ou organização que compra ou recebe de um Fabricante as peças componentes necessárias de dispositivo de alívio de pressão, já certificado, e monta, ajusta, testa, sela, calibra e transporta dispositivos de alívio de pressão certificados, em uma instalação diferente da fábrica utilizada pelo Fabricante.
Um Montador pode ser organizacionalmente independente de um Fabricante ou pode ser total ou parcialmente propriedade de um Fabricante.

- Pressão de ajuste *("set pressure")* para abertura

É a pressão manométrica de entrada na qual uma válvula de alívio de pressão é ajustada ou "setada" para abertura sob o efeito da pressão interna, que se opõe à força de fechamento da mola, e provoca uma elevação mensurável do disco sobre a sede.
É "ajustada", pois, deve abrir na pressão interna de projeto do equipamento, tubulação ou duto, incluindo as correções devidas à contrapressão e à temperatura do fluido.
Em serviço com líquido, emprega-se a válvula de alívio e a pressão de abertura é determinada pela pressão de entrada na qual a descarga do fluido torna-se contínua, conforme determinado pela visão ou audição.
Em serviço com ar, gás ou vapor, emprega-se a válvula de segurança e a pressão de abertura é identificada pela pressão de entrada na qual a válvula irá produzir um ruído como "estampido" ou "*popping*".

- Pressão do teste de vazamento pela sede da válvula de alívio de pressão

É a pressão estática especificada de entrada na válvula, na qual um teste quantitativo de fuga pela sede é realizado de acordo com um procedimento padronizado.

- Certificação de capacidade de vazão

É a certificação da capacidade ou vazão de alívio de dispositivo de alívio de pressão realizada e concedida por órgão e laboratório independentes, tipo "type approval" de 3ª parte ("third party"), para dispositivo de segurança. Esta Certificação expira no quinto aniversário da data da sua concessão inicial.

- Teste de Capacidade de Dispositivos de Alívio de Pressão

Com relação à certificação de capacidade ou vazão de alívio, o código *ASME Seção VIII Div 1* parágrafo *UG-131 Certification of Capacity of Pressure Relief Devices* determina que para qualquer dispositivo de alívio de pressão, válvula de alívio de pressão e de disco de ruptura ou de pino, é requerido que a capacidade ou vazão de alívio seja testada e certificada.

O processo de Certificação, de um determinado projeto e modelo de dispositivo de alívio de pressão, deve ser conduzido por organização acreditada pelo *ASME,* no caso o *National Boarding*, e os testes de capacidade devem ser executados em laboratório autorizado pelo *ASME*.

o Testes de fabricação
São os testes de fábrica a que devem ser submetidos os dispositivos de alívio de pressão, conforme determinado pelo código *ASME Seção VIII Div 1* parágrafos *UG-136 (d),* para as válvulas, e *UG-137 (d)*, para os discos de ruptura, *Production Testing by Manufacturers and Assemblers*, para atestar a qualidade e a confiabilidade do produto fabricado.

o Componente ou parte da válvula de alívio de pressão que retém a pressão
É um componente que mantém juntos um ou mais componentes que suportam a pressão, mas não é exposto diretamente à pressão.

o Componente ou parte da válvula de alívio de pressão que contém a pressão ou pressurizado
É um componente que é exposto diretamente à pressão e a contém.

o Pressão primária na válvula de alívio de pressão
É a pressão na entrada em uma válvula de alívio de pressão.

o Pressão secundária na válvula de alívio de pressão
É a pressão existente na transição entre a saída da válvula e o local de descarte.

o "Primary pressure zone" ou zona de pressão primária da válvula de alívio de pressão
É a região ou zona de entrada no bocal até a sede do alívio, sujeita à pressão na entrada da válvula, que compreende o bocal nas válvulas de alívio de pressão de bocal integral ("full nozzle") e no caso de válvula de alívio de pressão de bocal reduzido ("partial or semi nozzle") inclui o bocal e a conexão de entrada.

o "Secondary pressure zone" ou zona de pressão secundária da válvula de alívio de pressão
É a região ou zona após o alívio, sujeita à pressão existente entre a sede até conexão de saída da válvula, e compreende o corpo, o castelo e o capuz ou tampão.

4. Teste de Capacidade de Dispositivos de Alívio de Pressão

Por ser dispositivo de segurança, o fornecimento de válvulas de segurança, válvulas de alívio e válvulas de segurança e alívio, e discos de ruptura ou de pino, está vinculado à apresentação do certificado da capacidade ou vazão de alívio concedido por órgão e laboratório independentes. para a confiabilidade operacional.

Com relação à certificação de capacidade ou vazão de alívio, o código ASME determina que para qualquer dispositivo de alívio de pressão é requerido que a capacidade ou vazão de alívio seja testada e certificada.
O parágrafo *UG-131 do código ASME Sec VIII Div 1* estabelece os critérios para essa certificação de um determinado projeto e modelo de válvula e de disco e determina que o processo seja conduzido por organização acreditada pelo *ASME*.
Os testes de capacidade devem ser realizados em amostras, escolhidas da produção rotineira do Fabricante ou Montador das válvulas e discos, e serem executados em laboratório autorizado pelo *ASME*.
Além disso, conforme o parágrafo *UG-136 (c)(1)*, o Fabricante ou Montador deve demonstrar ao representante do *ASME* que possui Sistema de Garantia da Qualidade, que assegure perfeita concordância entre o desempenho dos dispositivos fabricados, correspondentemente aos projetos e modelos certificados.

A organização designada pelo *ASME* para realizar o processo de certificação é o The National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspectors e os testes devem ser realizados em um dos "Laboratórios Autorizados pelo *ASME*".

O documento *NB-18 National Board Pressure Relief Device Certification*, no endereço *http://www.nationalboard.org/SiteDocuments/NB18/NB18.pdf*, descreve todas as etapas dessa certificação, os dispositivos certificados e os endereços dos Fabricante e Montadores com a Certificação *NB* são listados na seção *Listing of Assembler and Manufacturer Certifications* do próprio documento.

Após a certificação NB, o fabricante pode requerer o *Selo ASME*, que para Vasos de pressão é o *Selo UV*, e para Caldeiras de vapor é o *Selo V*. No caso, de dispositivo tipo disco de ruptura ou de pino é o *Selo UD*.

No artigo "Processo *ASME/NB* de Certificação da Capacidade de Dispositivos de Alívio de Pressão" são apresentados mais detalhes sobre essa Certificação.

5. Testes de Fábrica de Dispositivos de Alívio de Pressão

Cada válvula de alívio de pressão, mesmo que tenha o Certificado de Capacidade do *NB* e *Selo ASME*, deve ser submetida aos seguintes testes de fábrica, conforme código *ASME Seção VIII Div 1* parágrafo *UG-136 (d) Production Testing by Manufacturers and Assemblers*, para atestar a qualidade e a confiabilidade do produto fabricado:

- ✓ Teste de calibração da pressão de abertura e sobrepressão ("*overpressure*");
- ✓ Teste da pressão de fechamento ("*blowdown*");
- ✓ Teste de estanqueidade da sede ("*seat tightness*");
- ✓ Estabilidade em operação: batimento ou vibração;
- ✓ Teste de pressão hidrostática.

De modo semelhante, de cada lote de discos de ruptura ou de pino fabricados devem ser retirados os discos que serão utilizados como amostras para ser submetidos aos seguintes testes, conforme código *ASME Seção VIII Div 1 parágrafo UG-137 Minimum Requirements for Rupture Disk Devices UG-137(d) Production Testing by Manufacturers e parágrafo UG-138 Minimum Requirements for Pin Devices UG-138 (d) Production Testing by Manufacturers*

- ✓ Testes de calibração do disco ou pino metálico;
- ✓ Teste de pressão hidrostática de cada corpo ou invólucro de disco.

Esses testes devem ser realizados nas instalações do Fabricante ou do Montador e executados após todas as operações de usinagem e soldagem das peças terem sido concluídas.

6. Testes de fábrica de válvula de alívio de pressão

6.1. Teste de calibração de válvula de alívio de pressão

Conforme parágrafo *UG-136 (d) (4)* do código *ASME Sec VIII Div 1*, cada válvula de alívio de pressão fabricada deve ser testada para confirmar a sua pressão de abertura, ainda na própria fábrica.
A pressão de abertura é caracterizada pelo "*popping*", que é o ruído de estampido nas válvulas de segurança, ou pela pressão de ajuste ("set pressure"), que é a pressão em que a sede da válvula apresenta um fino vazamento, que é o caso das válvulas de alívio.

- o Válvulas de alívio de pressão marcadas para serviço com vapor d'água, ou com partes internas especiais para o serviço de vapor d'água, devem ser testadas com vapor d'água.

São exceção as válvulas de alívio de pressão em que a capacidade é superior à capacidade da instalação do local de ensaio, ou devido ao seu tamanho (orifício) ou elevada pressão de ajuste, que podem ser testadas com ar.
As correções necessárias, para levar em conta o diferencial da pressão do *popping* entre vapor d'água e ar, devem ser estabelecidas pelo fabricante e aplicadas ao ponto de *popping* com ar.

- Válvulas de alívio de pressão marcadas para serviço com gás, vapor ou ar podem ser testadas com ar.
- Válvulas de alívio de pressão marcadas para serviço com líquido devem ser testadas com água ou outro líquido adequado.

Quando uma válvula é ajustada para corrigir as condições de serviço de contrapressão superimposta, temperatura, ou o diferencial na pressão de *popping* entre vapor d'água e ar, a pressão real de teste (CDTP-Cold Differential Test Pressure) deve ser marcada na válvula.
Os equipamentos e acessórios de teste devem ser adequados em porte e capacidade para assegurar que a válvula de alívio de pressão está consistente com a pressão de ajuste estampada e dentro das tolerâncias do *parágrafo UG-134 (d) do código ASME Sec VIII Div 1.*

6.2. Teste de estanqueidade ou vazamento da sede válvula de alívio de pressão
Conforme parágrafo *UG-136 (d) (5) do código ASME Sec VIII Div 1*, após a conclusão dos testes requeridos por *UG-136 (d) (4)* acima, deve ser realizado o teste de estanqueidade da sede.
Salvo indicação em contrário, de um fabricante de válvula de alívio de pressão ou de especificação acordada com o usuário, o ensaio de estanqueidade da sede e os critérios de aceitação devem estar de acordo com a norma *API STD 527 Seat Tightness of Pressure Relief Valves*. Se for necessário maior estanqueidade da sede, o comprador deve especificá-lo na ordem de compra.

Este teste visa a determinação da estanqueidade da sede de metal e de sede resiliente de válvulas de alívio de pressão, incluindo aquelas de projeto convencional, de fole ou pistão e válvula operada por piloto.

6.3. Teste de pressão hidrostática de válvula de alívio de pressão
A determinação da pressão de teste hidrostática de uma válvula de alívio de pressão requer uma análise das zonas de pressão em uma válvula de alívio de pressão.

6.3.1. Regiões ou zonas de pressão em uma válvula de alívio de pressão
O *código ASME Sec VIII Div 1* faz distinção entre componentes da região ou zona de pressão primária ("*primary pressure zone*") e componentes da região ou zona de pressão secundária ("*secondary pressure zone*"):

- ✓ Zona de pressão primária é a região ou zona de entrada do bocal até a sede do alívio, sujeita à pressão na entrada da válvula, que compreende o bocal nas válvulas de alívio de pressão de bocal integral ("full nozzle"), e no caso de válvula de alívio de pressão de bocal reduzido ("partial or semi nozzle") inclui o bocal e a conexão de entrada.

- ✓ Zona de pressão secundária é a região ou zona após o alívio, sujeita à pressão existente na descarga, entre a sede até conexão de saída da válvula, e compreende o corpo, o castelo e o capuz.

O fole, das válvulas de alívio de pressão balanceadas, isola o castelo e os internos (haste e mola) da região ou zona de pressão secundária, ficando sujeito à pressão externa de valor igual a contrapressão total.

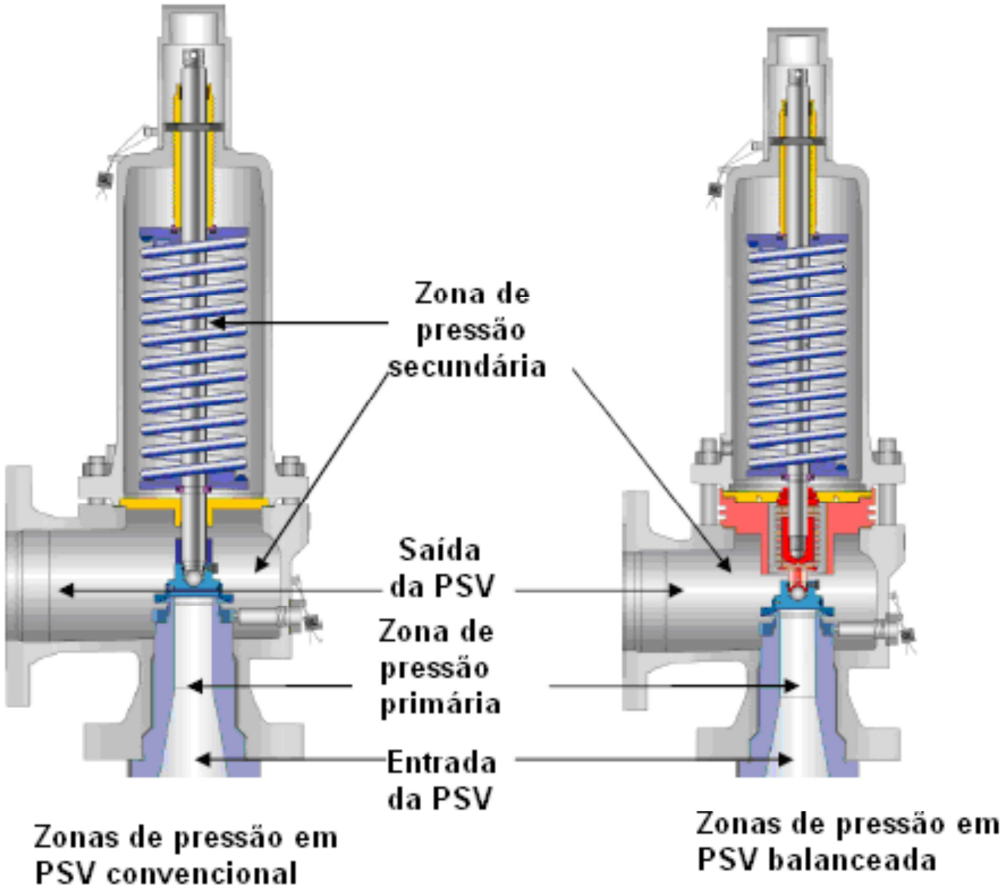


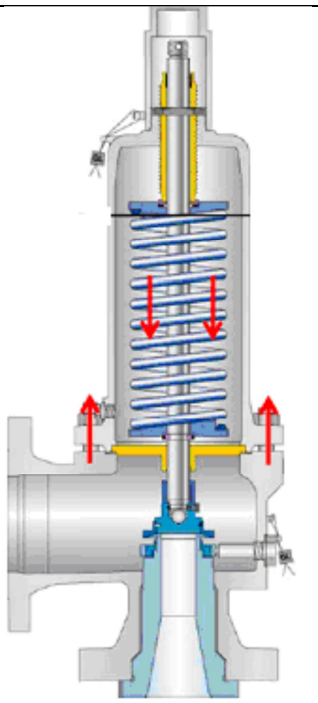
Figura 1: Regiões ou zonas de pressão em válvulas de alívio de pressão

6.3.2. Componentes pressurizados e componentes que retêm os componentes expostos à pressão

Por sua vez, a norma *ASME PTC 25* propõe uma distinção entre componentes expostos diretamente à pressão ("*pressure containing*") e componentes que retêm os elementos pressurizados ("*pressure retaining*").

- ✓ Componente contendo pressão ou pressurizado é o componente que está exposto e contém a pressão interna do equipamento protegido;
- ✓ Componente que retém a pressão é o componente que retém elementos contendo pressão, mas não é exposto à pressão.

Componentes que contêm a pressão ou pressurizados	**Componentes que retêm os componentes pressurizados**
✓ Corpo é componente de pressão secundária e invólucro que encerra os demais componentes de pressão secundária; ✓ Bocal ou "nozzle" é componente de pressão primária, que contém o fluido a ser aliviado e por onde passa o fluxo na abertura da válvula; ✓ Disco ou "disc" é o componente móvel que retém a pressão primária, enquanto a válvula está fechada; ✓ Sede é componente de pressão primária e superfície de selagem da pressão entre o	✓ Garfo ou "yoke": é componente que no castelo aberto suporta a mola; ✓ Mola é: componente que provê a força para manter o disco sobre o bocal, mantendo a sede fechada pelo disco e permitindo que a válvula abra somente na pressão de ajuste. ✓ Parafusos e porcas do castelo são componentes da ligação flangeada corpo x castelo, que reagem à pressão secundária e são submetidos à tração devido à reação da mola ao efeito da pressão primária sobre o disco.

bocal e o disco; ✓ Castelo ou “bonnet” é componente de pressão secundária, que suporta a mola; ✓ Capuz ou tampão ou “cap” é componente de pressão secundária que fixa a haste, em conjunto com o castelo.	 **Figura 2: Esforço de reação da mola sobre a sede e esforço de reação dos parafusos da ligação corpo x castelo**

6.3.3. Pressão de projeto dos componentes da válvula de alívio de pressão

Há duas diferentes pressões de projeto, em uma válvula de alívio de pressão, dependendo da zona de pressão: primária ou secundária.

A norma *API STD 526 Flanged Steel Pressure-relief Valves* padroniza em tabelas as dimensões e classes de pressão, das conexões de entrada e de descarga, de válvulas de alívio de pressão flangeadas, em função do tamanho de orifício da sede e do material de construção.

✓ **Pressão de projeto dos componentes da região ou zona de pressão primária**

Assim, a pressão de projeto dos componentes da região ou zona de pressão primária é determinada pela classe de pressão da extremidade flangeada do lado de entrada ou admissão da válvula.

- ✓ No caso de válvula de alívio de pressão de bocal “full nozzle”, são o bocal e a sede;
- ✓ No caso de válvula de alívio de pressão de bocal “semi nozzle”, são o flange de entrada, o bocal e a sede.

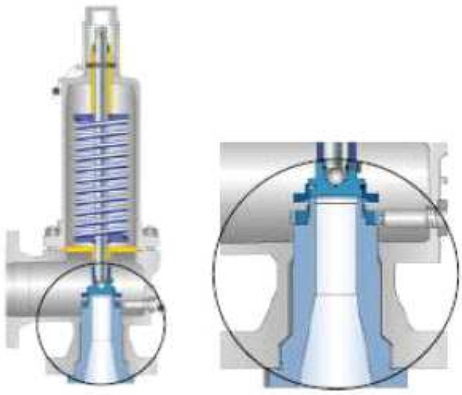
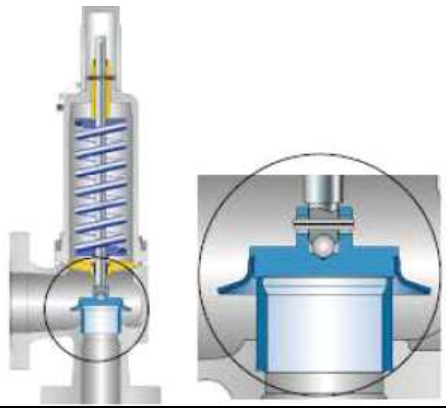
Válvula de alívio de pressão de bocal “full nozzle”	**Válvula de alívio de pressão de bocal “semi nozzle”**
	

Figura 3: Válvulas de alívio de pressão de bocal “full nozzle” e de bocal “semi nozzle”

- ✓ **Pressão de projeto dos componentes da região ou zona de pressão secundária**

Para os componentes da região ou zona de pressão secundária, a pressão de projeto é dada pela classe de pressão da extremidade flangeada do lado de saída ou descarga da válvula.

  - ✓ Corpo, castelo e capuz.

- ✓ **Pressão de projeto de fole de balanceamento**

Já para o fole, caso de válvula de alívio de pressão balanceada, a máxima pressão externa é a indicada na coluna "*Bellows Rating*", para a temperatura de 100ºF (38ºC), das tabelas da norma *API STD 526*, sendo que para valores de temperaturas superiores há coeficientes de correção no Anexo C, da mesma norma.

6.3.4. Definição da pressão de Teste Hidrostático de válvula de alívio de pressão

Há dois valores de pressão hidrostática: um para os componentes sob a pressão primária e outro para os componentes sob a pressão secundária.

- ✓ *Código ASME VIII Division 1 UG-136 (d) (2)*

Pelas regras do código *ASME VIII Division 1 UG-136 (d) (2) Teste de Pressão Hidrostática* o teste hidrostático deve ser executado, separadamente, por componente, a saber:
a- Bocal e sede,
b- Corpo, castelo e capuz, por componente com a válvula desmontada, ou corpo, castelo e capuz com a válvula montada.

Nos "componentes ou partes que contêm a pressão" da válvula, o teste hidrostático deve ser efetuado, a uma pressão pelo menos 1,5 vezes a pressão de projeto do fabricante, para os componentes que são expostos à "pressão primária" e à "pressão secundária".

O trecho da válvula da conexão de entrada até a sede está submetido à "pressão primária", que é a pressão interna do equipamento, que a válvula protege.
O invólucro da válvula, que compreende as partes: corpo, cabeçote e tampão ou capuz, está submetido à "pressão secundária", que é a pressão do lado da descarga da válvula (após a sede), se o descarte é para sistema fechado, ou a pressão atmosférica, se o descarte é para a atmosfera.
O teste pode ser feito por componente, individualmente, ou na condição montado.

As peças que satisfaçam aos seguintes critérios serão isentas do teste hidrostático:
(1) a tensão atuante na condição de teste hidrostático não exceda 50% do valor da tensão admissível do material de fabricação da peça; e
(2) a peça não é de construção fundida nem soldada.

- ✓ *Norma ISO 4126-1 Part 1:*

A norma *ISO 4126-1 Safety devices for protection against excessive pressure - Part 1: Safety valves*, semelhantemente, define duas regiões distintas para o teste hidrostático da válvula de alívio de pressão:

  - ✓ Lado da entrada, entre a conexão de entrada e a sede, que está na condição de "pressão primária";
  - ✓ Lado da descarga, entre a sede e a conexão de saída, que está na condição de "pressão secundária".

O trecho da válvula da entrada até a sede deve ser testado a uma pressão 1,5 vezes a pressão máxima estabelecida pelo fabricante, para a qual a válvula foi projetada.
O corpo no lado de descarga da sede deve ser testado até 1,5 vezes a máxima pressão de descarga informada pelo fabricante, para a qual a válvula foi projetada.

- ✓ *Comparação com as válvulas industriais*

Diferentemente das válvulas industriais (como válvulas gaveta, globo, retenção, macho, esfera e borboleta) e válvulas de controle, o conjunto da válvula de alívio de pressão, após completamente montado, não é submetido à um valor único de pressão hidrostática, como é comum nas válvulas industriais.

Conforme a norma *ASME B16.34 Valves-Flanged, Threaded, and Welding End,* utilizada para projeto e fabricação de válvulas industriais, teste de pressão hidrostática é executado após a montagem completa da válvula, considerados os componentes corpo, castelo e todos os internos e ligações aparafusas com *juntas de vedação* do corpo e do corpo x castelo.

No caso das válvulas de alívio de pressão, ocorre o teste hidrostático em separado dos componentes da válvula, isto é, os que estão na região de pressão primária e aqueles na região de pressão secundária.

Nenhum vazamento nas peças testadas é aceito.

6.3.5. Execução do Teste Hidrostático

A pressão de teste e o procedimento de execução, de teste hidrostático de válvula de alívio de pressão, são definidos em função da "região ou zona de pressão" da válvula, assim há dois valores de pressão de teste em uma mesma válvula de alívio de pressão.

6.3.5.1. Teste hidrostático da região ou zona de pressão primária

a- Componentes

- ✓ No caso de válvula de alívio de pressão de bocal "full nozzle", são o bocal e a sede;
- ✓ No caso de válvula de alívio de pressão de bocal "semi nozzle", são o flange de entrada, o bocal e a sede.

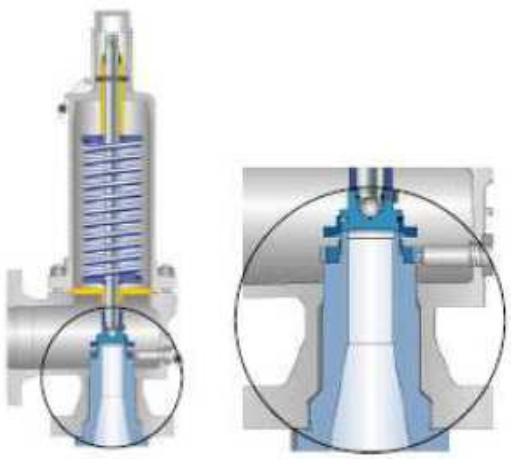
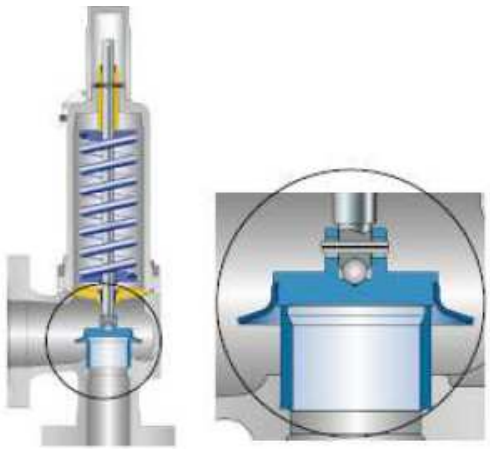
Válvula de alívio de pressão de bocal "full nozzle"	**Válvula de alívio de pressão de bocal "semi nozzle"**
	

Figura 3: Válvulas de alívio de pressão de bocal "full nozzle" e de bocal "semi nozzle"

b- Pressão de teste

Igual a 1,5 vezes a pressão máxima na entrada da válvula de alívio de pressão, como definida nas tabelas da norma *API STD 526*, de acordo com tamanho de orifício da sede, material construtivo e classe de pressão do lado de entrada.
Por exemplo, no caso do bocal (zona primária de pressão) de uma válvula de aço Carbono, orifício D, 600# x 150#, a pressão de teste é definida pela classe do flange de entrada (600#), sendo de 2220 psig (1.5 x a máxima pressão permitida de entrada 1480 psig, conforme *API STD 526* Tabela 3).

Materials [b]	Valve Size	ASME Flange Class		Maximum Inlet Flange (Set) Pressure Limit [A] (psig)						Outlet Pressure Limit [A] (psig)		Center-to-Face Dimensions (in.)	
				Conventional and Balanced Bellows Valves									
Body/ Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	INLET	OUTLET	-450 °F to -75 °F	-75 °F to -21 °F	-20 °F to 100 °F	450 °F	800 °F	1000 °F	Flange Rating Limit [B]	Bellows Rating Limit [B]	INLET	OUTLET
										100 °F	100 °F		
Temperature Range Inclusive -20 °F to 800 °F													
Carbon Steel	1D2	150	150			285	185	80		285	230	4 1/8	4 1/2
	1D2 [C]	300	150			(285)	(285)	(285)		285	230	4 1/8	4 1/2
	1D2	300	150			740	615	410		285	230	4 1/8	4 1/2
	1D2	600	150			1480	1235	825		285	230	4 1/8	4 1/2
	1 1/2D2	900	300			2220	1845	1235		(600)	500	4 1/8	5 1/2
	1 1/2D2	1500	300			3705	3080	2060		(600)	500	4 1/8	5 1/2
	1 1/2D3	2500	300			6000	6000	3430		740	500	5 1/2	7

Table 3-Spring loaded Pressure-relief Valves "D" Orifice (Effective Orifice Area = 0.110 in²

6.3.5.2. Teste hidrostático da região ou zona de pressão secundária

a- Componentes

Corpo, castelo e capuz.

b- Pressão de teste

Igual a 1,5 vezes a pressão de máxima na saída da válvula de alívio de pressão, como definida nas tabelas da norma *API STD 526*, para tamanho de orifício, material construtivo e classe de pressão do lado de saída.

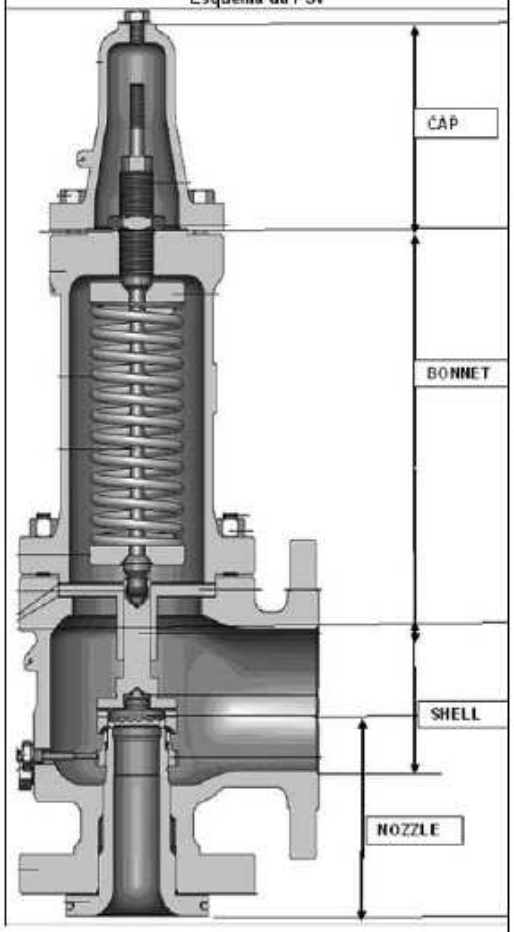
Por exemplo, para as válvulas de aço Carbono, orifício D, 150# x 150# , 300# x 150# ou 600# x 150#, a pressão de teste é definida pela classe do flange de saída (150#), sendo de 428 psig (1.5 x a maior pressão permitida na saída 285 psig, conforme *API STD 526* Tabela 3).

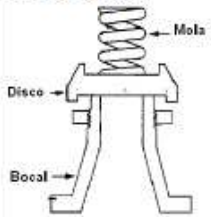
6.3.6. Resumo das condições aplicáveis a cada componente da válvula de alívio de pressão

A tabela a seguir resume os esforços a que cada componente é submetido, na válvula de alívio de pressão em operação, e como é estabelecida a pressão de teste hidrostático correspondente de cada componente.

Esforços considerados em cada componente e a Pressão de Teste Hidrostático correspondente

Esquema da PSV



Componente	Esforços considerados	Pressão teste hidrostático
Capuz ou "cap"	• Capuz e flange do capuz · Pressão interna igual à pressão de descarga ou contrapressão total; • Parafusos prisioneiros · Tração correspondente à pressão de descarga ou contrapressão total.	1,5 (Pressão máxima, conforme Classe de pressão do flange de saída do API STD 526).
Castelo ou "bonnet"	• Castelo e flange do castelo · Pressão interna igual à pressão de descarga ou contrapressão total; · Tração correspondente à força de reação da mola igual a 1,10 vezes a pressão de abertura; • Parafusos prisioneiros · Tração correspondente à força de reação da mola igual a 1,10 vezes a pressão de abertura.	1,5 (Pressão máxima, conforme Classe de pressão do flange de saída do API STD 526).
Corpo ou "shell"	• Corpo · Pressão interna igual à pressão de descarga ou contrapressão total; • Flanges de entrada e saída · Pressão interna correspondente; • Flange do corpo de ligação com o castelo · Pressão interna igual à pressão de descarga ou contrapressão total; · Tração correspondente à força de reação da mola igual à 1,10 vezes a pressão de abertura.	1,5 (Pressão máxima, conforme Classe de pressão do flange de saída do API STD 526).
Bocal ou "nozzle", sede e disco  	· Pressão interna igual a 1,10 vezes a pressão de abertura.	1,5 (Pressão máxima, conforme Classe de pressão do flange de entrada do API STD 526).

7. Teste de fábrica de discos de ruptura e de pino

De modo semelhante, de cada lote de discos de ruptura ou de pino fabricados devem ser retirados os discos que serão utilizados como amostras para ser submetidos aos seguintes testes, conforme código *ASME Seção VIII Div 1*:

a- Disco de ruptura: parágrafo *UG-137 Minimum Requirements for Rupture Disk Devices UG-137(d) Production Testing by Manufacturers*; e

b- Disco de pino: parágrafo *UG-138 Minimum Requirements for Pin Devices UG-138 (d) Production Testing by Manufacturers*.

- ✓ Testes de calibração do disco ou pino metálico;
- ✓ Teste de pressão hidrostática de cada corpo ou invólucro de disco ou pino.

Todos os testes para um dado lote devem ser efetuados num corpo de mesmo material, forma, tamanho, dimensões e classe de pressão, que os utilizados em serviço. Os resultados dos testes só são aplicáveis aos discos de mesmo material, tamanho e classe de pressão.

7.1. Teste de calibração

Pelo menos dois discos de amostras de cada lote devem ser rompidos à temperatura especificada para o disco.

A pressão de ruptura marcada deve ser determinada de modo a que as pressões de rompimento dos discos de ruptura, das amostras, estejam dentro das tolerâncias especificadas pelo código *ASME Seção VIII Div 1 UG-127 (a) (1).*

Analogamente, para os discos de pino, as tolerâncias para a pressão de rompimento são as especificadas pelo código *ASME Seção VIII Div 1 UG-127 (b) (1).*

7.2. Teste de pressão hidrostática

Todas as peças contendo pressão de cada corpo de disco ou de pino devem ser testadas hidrostaticamente a uma pressão pelo menos 1,5 vezes a pressão de projeto da peça.

Corpos que satisfaçam aos seguintes critérios estão isentos de teste hidrostático:

- ✓ tensão aplicada em condições de ensaio hidrostático não exceda 50% da tensão admissível do material de construção ; e
- ✓ corpo não é fabricado por fundição ou soldagem.

Nenhum vazamento nas peças testadas é aceito.

8. Tempo de duração de teste hidrostático

O *ASME* não define o tempo necessário ao teste de pressão hidrostático.

Já a norma *ISO 4126-1* define a duração do teste hidrostático, conforme a tabela a seguir, que se recomenda a utilização.

Table 2 — Minimum duration of hydrostatic test

Nominal size DN	Pressure rating		
	Up to 40 bar (4 MPa)	Greater than 40 bar (4 MPa) up to 63 bar (6,3 MPa)	Greater than 63 bar (6,3 MPa)
	Minimum duration in minutes		
DN ≤ 50	2	2	3
50 < DN ≤ 65	2	2	4
65 < DN ≤ 80	2	3	4
80 < DN ≤ 100	2	4	5
100 < DN ≤ 125	2	4	6
125 < DN ≤ 150	2	5	7
150 < DN ≤ 200	3	5	9
200 < DN ≤ 250	3	6	11
250 < DN ≤ 300	4	7	13
300 < DN ≤ 350	4	8	15
350 < DN ≤ 400	4	9	17
400 < DN ≤ 450	4	9	19
450 < DN ≤ 500	5	10	22
500 < DN ≤ 600	5	12	24

9. Conclusões

9.1. O roteiro dos testes de fábrica de válvulas de alívio de pressão é o seguinte:

- ✓ *Antes da Montagem da Válvula*

Teste hidrostático em 100% das válvulas nas partes primárias e secundárias para verificação da integridade, antes da pintura.

- ✓ *Após Montagem da Válvula*

Teste de pressão em 100% das válvulas, sendo:
a) teste de pressão de ajuste ou calibração: abertura, sobrepressão ("overpressure") e fechamento ("blowdown");
b) teste de vedação da sede ("*seat tightness*");
c) verificação da estabilidade em operação: batimento ou vibração.
Estes avaliações devem ser realizados no conjunto montado da válvula de alívio de pressão.

9.2. O teste hidrostático de válvulas de alívio de pressão só tem sentido na aplicação por região ou zona de pressão, isto é, separadamente para os componentes das regiões ou zonas pressões primária e secundária.
Assim o teste hidrostático é executado por componente.

- ✓ Componentes da região ou zona de pressão primária

Depende do tipo de bocal da válvula de alívio de pressão:

- "full nozzle": bocal de entrada;
- "partial or semi nozzle": bocal e flange de entrada.

- ✓ Componentes da região ou zona de pressão secundária

São o corpo, castelo e capuz.

- ✓ Ligação flangeada do corpo x castelo

Quanto à ligação flangeada do corpo com o castelo, ela pode ser submetida ao teste hidrostático, montando-se o conjunto corpo, castelo e capuz, mas se considerando a classe de pressão do flange de descarga.
Nesta situação, este teste não testa realmente os parafusos dessa ligação flangeada, pois na realidade, eles estão também sujeitos à tração correspondente à força da mola ao reagir à de pressão na entrada na válvula.
Por este motivo, a ligação aparafusada corpo e castelo é realmente testada no teste de calibração da válvula.

ANEXOS

Anexo 1.

Inviabilidade do teste de pressão do conjunto da válvula de alívio de pressão totalmente montada

Como visto, anteriormente, o teste de pressão do conjunto da válvula de alívio de pressão totalmente montada não é previsto pelo ASME nem pela ISO, pelo simples fato de que na válvula de alívio de pressão não há uma única pressão de projeto e, consequentemente, também não há uma única pressão de teste.
Na realidade, há uma pressão de projeto para a entrada da válvula e outra diferente para a saída e "ipso facto" pressões de teste hidrostático distintas.
A ideia de se montar por completo a válvula de alívio e realizar o teste hidrostático pelo lado de entrada (pressão primária) e depois pelo lado da saída (pressão secundária), não é viável, pois seria necessário o travamento do conjunto haste e mola (que não são dimensionados para essa condição), para impedir que a pressão de teste da entrada chegasse aos componentes da zona de pressão secundária (corpo, castelo e capuz).
Portanto, a inspeção de fabricação deve ser adequada para o testemunho, do teste de pressão dos componentes, antes da montagem da válvula de alívio de pressão.