

## Golpes de aríete e como evitá-los

O efeito de súbitas alterações de pressão (choques de pressão) em tubulações ou outros equipamentos é geralmente conhecido como golpe de aríete. Os esforços causados por tais choques de pressão é freqüentemente muito maior que os esforços aos quais os equipamentos estão normalmente sujeitos. A onda de choque, que viaja com a velocidade do som, pode causar deformações ou mesmo ruptura de equipamentos. Um golpe de aríete é reconhecido por ruídos violentos.

Há dois tipos de golpes de aríete:

Golpe de aríete hidráulico em instalações com líquidos frios;

Golpe de aríete térmico em unidades de vapor/condensado e sistemas de água quente.

Em instalações com líquidos quentes, ambos os tipos de golpe de aríete podem ocorrer.

### Origem do golpe de aríete hidráulico

Se uma tubulação é fechada muito rapidamente por uma válvula, o movimento da coluna do líquido à montante da válvula de bloqueio é subitamente interrompido. A força da inércia produz um choque de pressão. Como líquidos são praticamente incompressíveis, este choque se propaga em todas as direções. Imediatamente à jusante da válvula de bloqueio, o fluxo não cessa instantaneamente e forma-se um vácuo. O líquido, em consequência, retorna (efeito rebote) contra a válvula de bloqueio e forma uma onda de choque. Esta onda viaja de um lado a outro e gradualmente perde sua intensidade.

### Origem do golpe de aríete térmico

O golpe de aríete térmico ocorre quando bolhas de vapor entranhadas no condensado ou formadas por vaporização rápida (flashing) adentram uma tubulação cheia de condensado em uma temperatura mais baixa. As bolhas de vapor colapsam abruptamente formando um vácuo. Imediatamente e de todas as direções, o condensado circundante flui para esta região e implode.

O golpe de aríete é primordialmente causado por:

- a) Instalação incorreta de válvulas e equipamentos e disposição imprópria da tubulação.
- b) Manipulação de válvulas por pessoal não qualificado.
- c) Equipamento inadequado ou incorretamente dimensionado.
- d) Equipamento defeituoso

A intensidade do golpe de aríete depende da extensão da superfície de contato entre o vapor e a água, a velocidade do vapor e/ou água e da diferença de temperatura entre a água e o vapor.

O golpe de aríete térmico também pode ocorrer em linhas de vapor com drenagem inadequada. A água flui em uma velocidade consideravelmente menor que o vapor. Se a água for acelerada pelo vapor e depois atinge alguma resistência, temos como consequência um aumento súbito de pressão que se comporta como a colisão de duas colunas de líquido preenchendo um vácuo formado pela condensação. Este tipo de golpe de aríete é particularmente perigoso como pode ser observado pela erosão que causa em paletas de turbinas.

O súbito deslocamento de ar aprisionado ou de bolsões de gás em tubulações pode causar outro tipo de golpe de aríete.

### Medidas a tomar contra golpes de aríete

Choques de pressão formados pelo fechamento rápido de tubulações contendo líquidos podem ser calculadas ou determinadas por meios gráficos. É possível permitir tolerâncias para forças de atrito e do módulo de elasticidade do líquido e dos materiais utilizados. Estes choques de pressão podem ser absorvidos pelo correto dimensionamento de válvulas e tubulações. Podem ser diminuídos pelo uso dos chamados vasos amortecedores, conforme utilizados com bombas do tipo pistão.

Não se consegue calcular exatamente os choques de pressão resultantes de golpes de aríete térmicos. Isto tem que ser levado em consideração quando do projeto e operação de uma planta. Golpes de aríete somente podem ser evitados se a planta for corretamente disposta, dimensionada e operadas de forma competente e responsável. O ideal é construir uma planta de forma que não possa ocorrer o golpe de aríete. Se isto for impossível de se obter, deverão ser utilizados equipamentos que efetivamente amortecem este efeito.

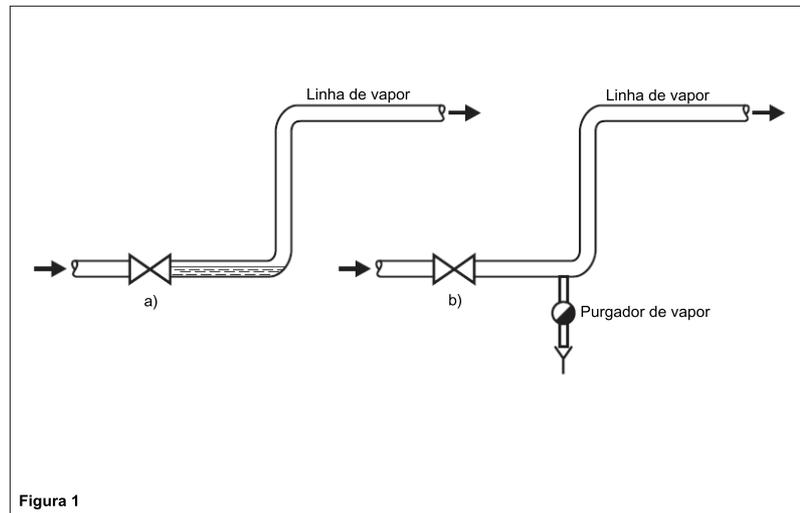
Os seguintes exemplos foram retirados da experiência prática:

Figuras **a)** indicam instalações onde o golpe de aríete pode ocorrer

Figuras **b)** sugerem melhorias para evitar ou amortecer golpes de aríete.

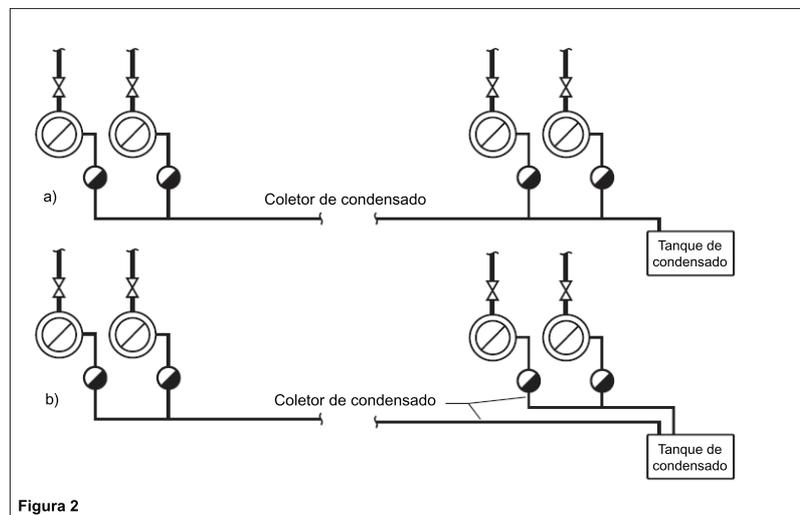
**Fig. 1 - Como evitar golpe de aríete em linhas de vapor**

- a) Se a válvula de bloqueio estiver fechada, o vapor restante na tubulação condensará. O condensado se acumula na parte inferior da tubulação e resfria-se. Se a válvula de bloqueio for aberta, o vapor entrante encontra o condensado frio. O resultado é um golpe de aríete
- b) Se o trecho de tubulação não puder ser alterado, a linha, mesmo que relativamente curta, deve ser drenada por meio de um purgador. Linhas de vapor longas devem ser drenadas em intervalos regulares em pontos anteriores a linhas verticais. Todas as linhas de vapor devem ser drenadas em suas extremidades terminais



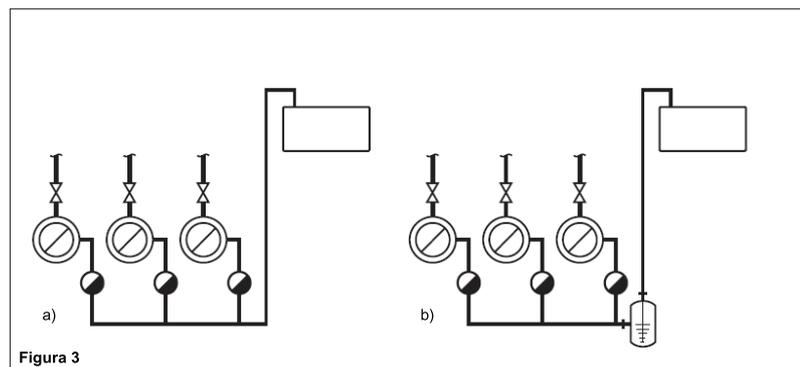
**Fig. 2 - Como evitar golpe de aríete em linhas de condensado**

- a) O condensado de trocadores de calor na extremidade mais longínqua resfria rapidamente em direção ao tanque de condensado. O condensado com o vapor recuperado (flash) dos trocadores de calor que estão mais próximos ao tanque de condensado se misturam com este condensado frio. O vapor de flash se condensa abruptamente e o resultado é o golpe de aríete.
- b) O golpe de aríete pode ser evitado se o condensado for enviado ao tanque de condensado por meio de coletores separados. O condensado dos trocadores de calor possuindo pressões diferentes também deverá alimentar o tanque de condensado por meio de coletores separados



**Fig. 3 - Como amortecer o golpe de aríete quando o condensado é elevado**

- a) O golpe de aríete ocorre com muita facilidade quando o condensado é elevado. Neste caso é quase impossível evitar completamente a sua ocorrência
- b) A solução é a instalação de um pote de amortecimento que por sua ação neutraliza o golpe de aríete. Apesar da tubulação ascendente, o condensado é adequadamente drenado, sem qualquer ruído.



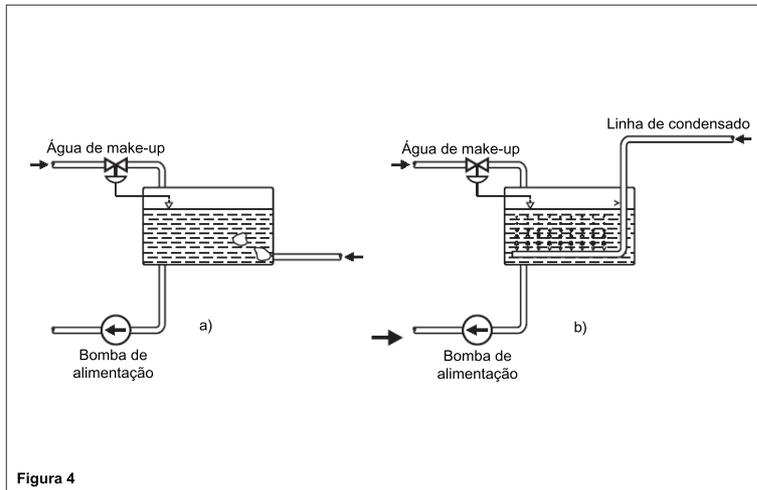


Figura 4

**Fig. 4 - Como evitar o golpe de aríete quando alimentar condensado em tanques de água de alimentação.**

a) Normalmente o vapor recuperado (flash) é formado a jusante de um purgador de vapor. Para evitar o seu desperdício, o condensado mais o vapor de flash podem ser alimentados no tanque abaixo do nível de água. Aqui, entretanto, o vapor entra em contato com água relativamente fria. Quando o condensado entra no tanque, formam-se grandes bolhas de vapor que se condensam abruptamente. O resultado é um golpe de aríete acompanhado de ruídos elevados. Se os trocadores de calor são desligados, água poderá fluir de volta para a linha de condensado. O perigo de um golpe de aríete durante a partida é considerável.

b) Os pequenos bocais do coletor no tubo no fundo do tanque evitam a formação de grandes bolhas de vapor. Golpes de aríete perceptíveis e ruídos são, portanto evitados. A introdução da linha de condensado no tanque pelo lado de cima e o pequeno orifício logo acima do nível tornam impossível o retorno de condensado se o trocador de calor for desligado.

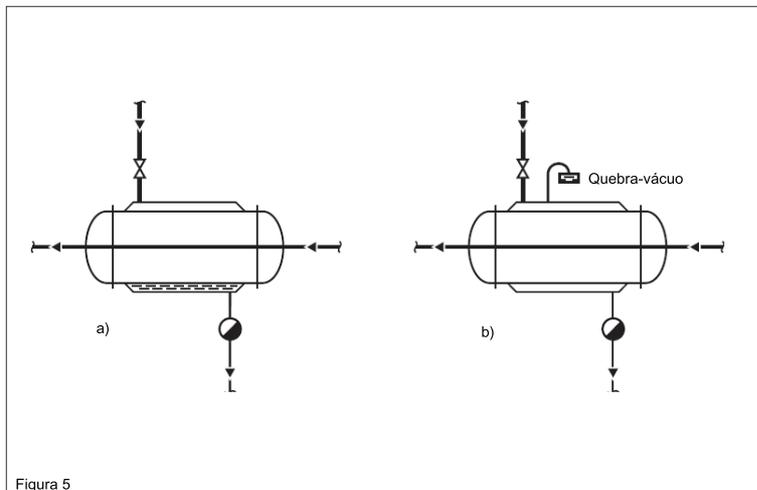


Figura 5

**Fig. 5 - Como evitar o golpe de aríete em trocadores de calor onde o condensado se acumula pela formação de vácuo.**

a) Se a planta de vapor é desligada, forma-se vácuo na medida em que o vapor se condensa. Corre-se então o risco do condensado ser sugado de volta para o trocador de calor ou que o condensado não seja completamente drenado da superfície de aquecimento (sem mencionar o risco de deformação permanente do trocador de calor). Quando a planta é reinicializada, a vapor flui para a superfície da água, condensa abruptamente e causa o golpe de aríete.

b) A instalação de uma válvula de retenção DISCO como um quebra - vácuo evita a formação do vácuo. O condensado não pode ser sugado de volta e o condensado remanescente fluirá para fora. Conseqüentemente, o golpe de aríete é evitado.

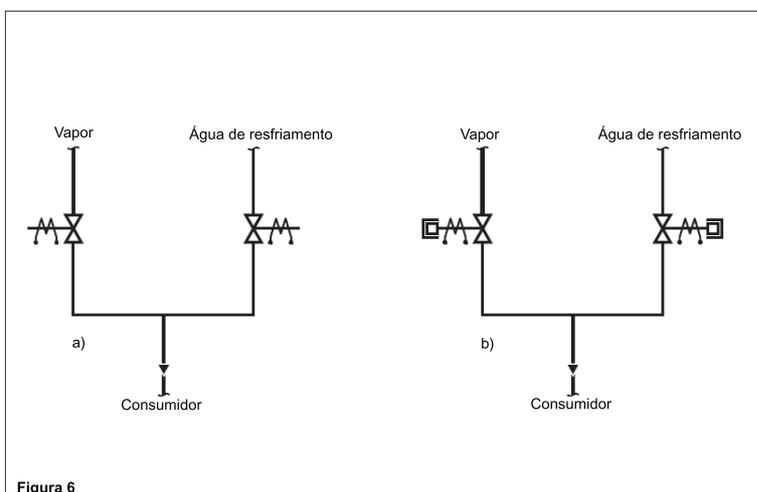


Figura 6

**Fig. 6 - Como reduzir o golpe de aríete em plantas usadas em processos de aquecimento e resfriamento.**

a) Se alguém mudar de resfriamento para aquecimento ou vice e versa, a rápida abertura ou fechamento de válvulas solenóides pode causar golpes de aríete hidráulico e térmico.

b) O golpe de aríete pode ser evitado se as válvulas forem abertas e fechadas lentamente. Recomenda-se o uso de ambas as solenóides com dispositivos de amortecimento hidráulico ou válvulas motorizadas.

**Fig. 7 - Como evitar o golpe de aríete em trocadores de calor controlados pelo lado vapor**

a) O golpe de aríete pode ocorrer por que o condensado se acumula nas serpentinas de aquecimento, particularmente em condições de baixa carga. O vapor flui com uma velocidade relativamente alta sobre a superfície da água; Isto acarreta a formação de bolhas de vapor que se condensam abruptamente no condensado frio.

O acúmulo de condensado na superfície de aquecimento pode ser causado por:

- Princípio de operação do purgador inadequado
- Purgador subdimensionado ou defeituoso
- Pressão diferencial disponível para o purgador muito pequena, p. ex. condensado elevado à jusante do purgador de vapor ou pressão muito alta no coletor de condensado
- Pressão de vapor muito baixa na superfície de aquecimento p. ex. superfície de aquecimento muito grande
- Perda de carga muito grande na superfície de aquecimento quando sob baixa carga. A perda de carga aumenta quanto mais a válvula de controle é modulada. Se a temperatura do líquido a ser aquecido estiver abaixo de 100 °C, pode se formar vácuo na superfície de aquecimento (perda de carga negativa para o purgador de vapor). A descarga do condensado não mais é possível nesta situação. Ao contrário, o condensado poderá mesmo ser sugado de volta para o trocador de calor.

b) Para se evitar o golpe de aríete é essencial assegurar que o condensado seja completamente drenado da superfície de aquecimento em quaisquer condições de carga.

Isto pode ser obtido dos seguintes modos:

1. Uso de purgadores de vapor do tipo bóia com capacidade de eliminação automática de ar. Nenhum outro sistema de purgador de vapor reage rapidamente o suficiente para condições de operação variáveis.
2. Verifique o purgador quanto ao dimensionamento ou danos.
3. Mantenha uma pressão mínima na superfície de aquecimento pelo uso de uma válvula de controle que não module em demasia.
4. Diminua as flutuações de carga.
5. Reduza a contrapressão e, se possível, proporcione drenagem livre.
6. Instale o purgador em um ponto mais baixo de modo que o condensado seja livremente drenado e uma coluna de pressão adicional esteja disponível.
7. Utilize tubulação à montante do purgador mais longa e de maior diâmetro de modo que o condensado possa ser drenado se a válvula de controle for modulada.
8. Se a instalação indicada no ponto 7 não for possível, monte um pote de acumulação à montante do purgador de vapor.
9. Evite a formação de vácuo usando uma válvula quebra - vácuo.

10. Evite que o condensado seja sugado de volta para a superfície de aquecimento, instalando uma válvula de retenção à jusante do trocador de calor.

11. Use um trocador de calor com menor área de aquecimento e compense aumentando a pressão do vapor

Se todas estas medidas não eliminarem o golpe de aríete, utilize um trocador de calor vertical

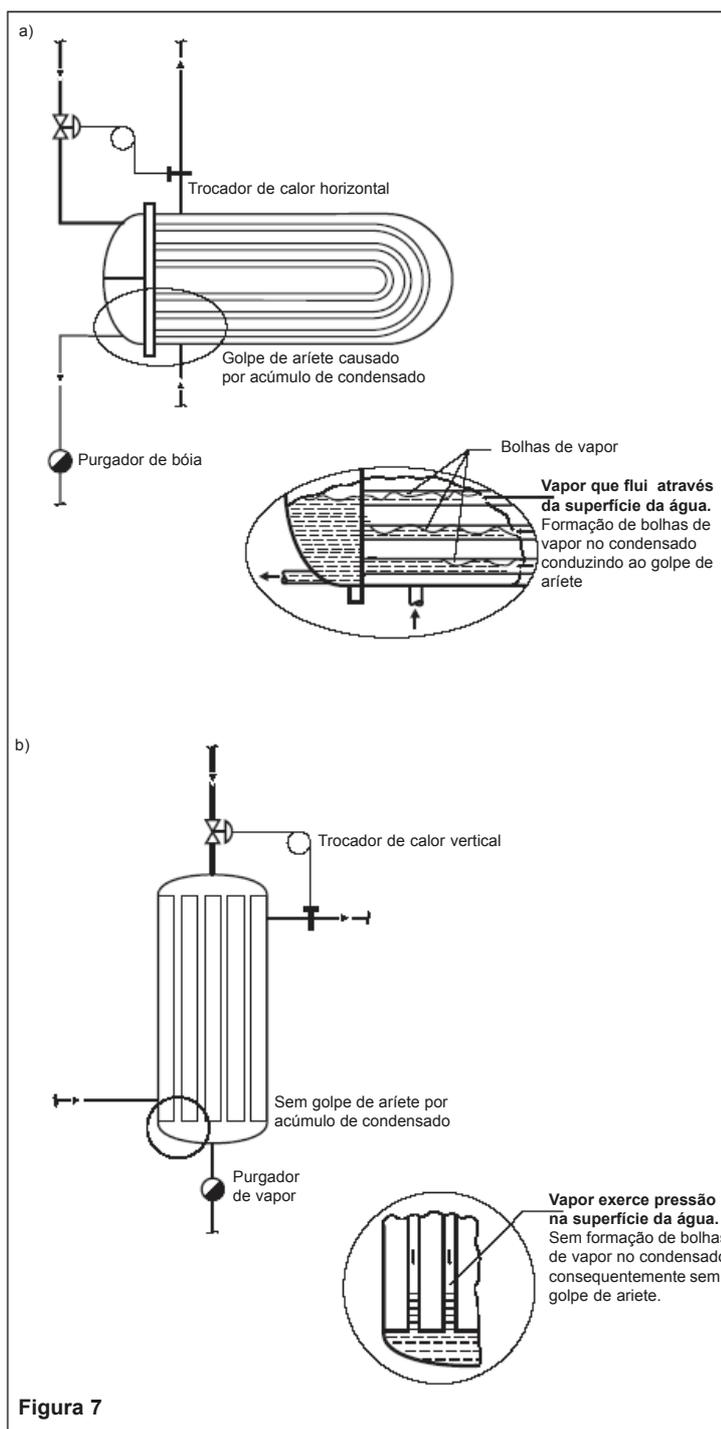


Figura 7