

## **Conexões de Compressão Dupla Anilha**

### **Conexões e Adaptadores para tubo OD ou tubing**

#### **1. Introdução**

Nos sistemas em que são utilizados tubos de padrão OD-Outside Diameter, também conhecidos como *tubing*, a forma de instalação ou montagem, em praticamente 100% dos casos, é a interligação com conexões de compressão anilhadas, sejam conexões de simples ou dupla anilha.

A utilização de montagem com rosca deve ser evitada, devido aos vários riscos de deterioração de ligações roscadas, é, pois, recomendável o emprego de tubos OD ou "*tubing*" e de conectores de compressão, de aço inoxidável, sempre que possível, em lugar dos tubos rígidos de aço Carbono ou aço Liga, nas instalações de tubulações de pequeno diâmetro, na faixa de diâmetros até 1 ½", de instrumentação, controle e automação.

As principais razões para não se usar as ligações com roscas são:

- Susceptibilidade das roscas à corrosão (corrosão por frestas ou "*crevice corrosion*") ao ataque do meio ambiente;
- Fragilidade das roscas nas condições de trabalho com vibração ou choque térmico;
- Existência de altas tensões nos fios de rosca, que levam à falha por fadiga, em serviços cíclicos ou variáveis, de pressão e/ou temperatura.

Há muitas vantagens em se utilizar tubos OD e conexões de compressão em interligações de instrumentos e de linhas de instrumentação, pois a instalação e a montagem podem ser executadas somente por profissionais da área de instrumentação, não havendo necessidade de soldadores, que são profissionais das áreas de caldeiraria e tubulações.

#### **2. Definições**

##### **2.1. Tubos OD ou tubing**

Tubos OD são empregados, principalmente, em indústria alimentícia, indústria farmacêutica, indústria de refino de petróleo e petroquímica e indústria automobilística.

Podem ser fornecidos em diversos diâmetros e materiais, sendo os mais utilizados os tubos de aço inoxidável austeníticos.

- Tipos de Aços Inoxidáveis Austenítico (AISI) 304, 304H, 304L, 316L, 317L, 321, 347
- Normas de Fabricação ASTM A-269, A-358.

Têm diversas formas de utilização, porém, mais intensamente são usados em sistemas de instrumentação, controle e automação.

A designação do diâmetro nominal do tubo OD (em inglês *Outside Diameter*), refere-se ao diâmetro externo de tubos circulares, fabricados com ou sem costura de solda, e podem ser fornecidos em diversos acabamentos, como decapados, escovados e polidos interna e/ou externamente.

O método de ligação entre eles é através de conexões de compressão com anilhas.

O ponto chave na seleção adequada dos tubos, para uso com as conexões metálicas de compressão, é que os tubos devem ser de material de dureza superficial menor que a do material da conexão de compressão correspondente.

Por exemplo, as conexões metálicas de compressão, do fabricante Swagelok, para tubos em aço inoxidável austenítico admitem tubos OD com dureza superficial de até 200 Vickers (HV) ou 90 HRB.

A faixa de diâmetros e espessuras disponíveis, para tubos OD, de aço inoxidável austenítico, sem costura é conforme o quadro a seguir.

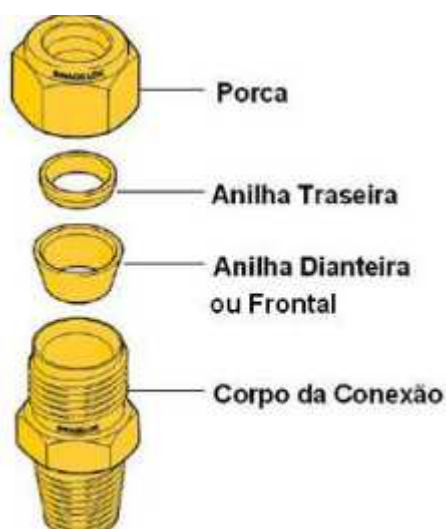
| Característica         | Descrição                      |
|------------------------|--------------------------------|
| Material do Tubo       | ASTM A269 Gr. TP 316L          |
|                        | DIN EN10088-3 X2CrNiMo 18-14-3 |
| Processo de fabricação | Sem costura                    |
| Diâmetro externo       | 1/8"                           |
|                        | 1/4"                           |
|                        | 3/8"                           |
|                        | 1/2"                           |
|                        | 3/4"                           |
| Espessura da Parede    | 0,711mm (BWG 22-0,028")        |
|                        | 0,889mm (BWG 20-0,035")        |
|                        | 1,245mm (BWG 18-0,049")        |
|                        | 1,651mm (BWG 16-0,065")        |
|                        | 2,108mm (BWG 14-0,083")        |
|                        | 2,769mm (BWG 12-0,109")        |
| Revestimento Externo   | Nenhum                         |
| Comprimento            | 6 metros                       |

## 2.2. Conexões de compressão com anilha

A utilização das conexões de compressão com anilha é, basicamente, para tubos OD de sistemas de instrumentação (*tubings*), que são de baixa espessura, impedindo a execução de soldas e, além disso, são desmontáveis e permitem remontagem, o que facilita as manutenções, pela vantagem da simplicidade de sua montagem, não requerendo soldadores e radiografias na linha de montagem.

A exigência quanto ao uso das conexões dupla anilha em aço inoxidável austenítico se dá, basicamente, quando o fluido é extremamente contaminante ou perigoso, dentre outros o ácido sulfídrico ou sulfeto de Hidrogênio, representado pela fórmula química  $H_2S$ , normalmente presente na indústria de petróleo, em situações de elevadas pressões de trabalho.

São constituídas de corpo, porca e anilhas e podem ser de simples ou de dupla anilha.

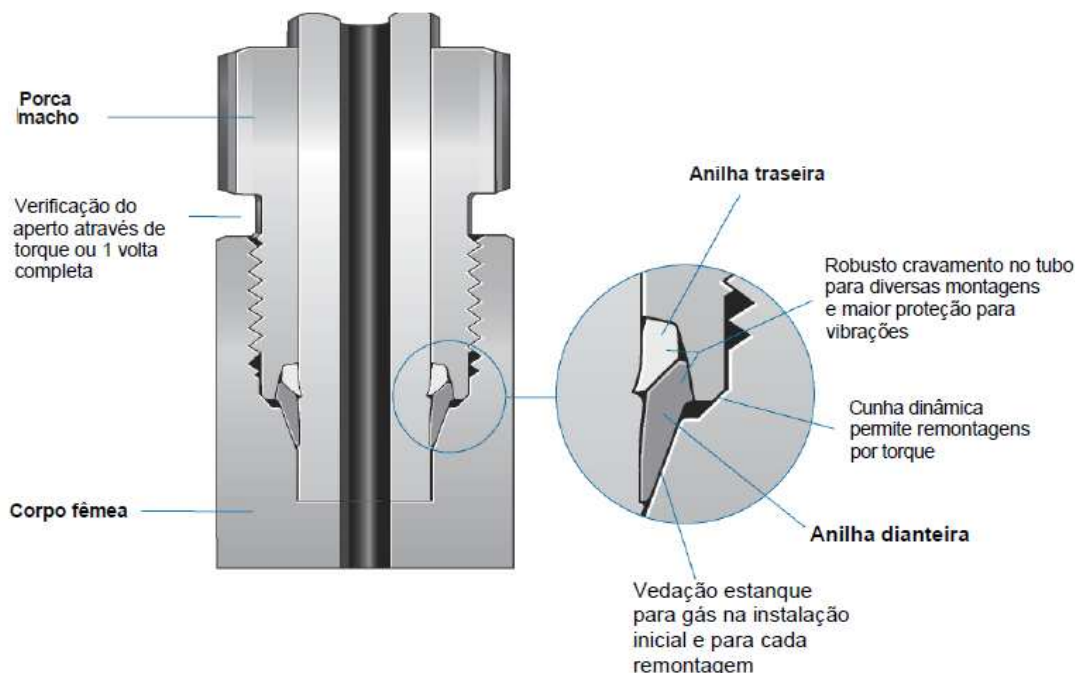


Há vários tipos de utilização, mas, a maior delas é nos sistemas de instrumentação, controle e automação das unidades de processo, das instalações industriais.

O sistema de dupla anilha faz com que as suas conexões sejam resistentes às ocorrências de vibrações, altas pressões e temperaturas elevadas.

Na conexão de dupla anilha, as duas anilhas possuem funções individuais de vedação e cravamento.

A anilha dianteira é responsável pela vedação, entre o corpo da conexão e o tubo OD. À medida que a porca é girada, a anilha traseira faz a anilha dianteira avançar axialmente e aplica um eficiente cravamento radial no tubo, mantendo a anilha dianteira pressionada contra o corpo da conexão para garantir uma vedação estanque.



Para as conexões de compressão retas em aço inoxidável de dupla anilha reta, o corpo, a porca de aperto e as anilhas (dianteira e traseira) são fabricados em ASTM A276 Gr TP316, e para as conexões de compressão angulares em aço inoxidável de dupla anilha (tês, cotovelos e cruzetas), elas são forjadas conforme norma ASTM A182 Gr TP316.

ASTM A 276 Standard Specification for Stainless Steel Bars and Shapes

ASTM A 182 Standard Specification for Forged or Rolled Alloy and Stainless Steel Pipe Flanges, Forged Fittings, and Valves and Parts for.

Na anilha traseira há tratamento de endurecimento superficial externo por nitretação, para garantir o aperto e a estanqueidade da ligação.

No caso do fabricante Swagelok, as conexões de compressão para tubos OD são dimensionadas para suportar a pressão máxima de trabalho do tubo, conforme apresentado no catálogo MS-01-107, "Dados Técnicos sobre Tubos", da Swagelok. Deve-se selecionar cuidadosamente o tubo e a conexão de compressão para se conseguir uma instalação segura e isenta de vazamentos.

A verificação de aperto final da ligação é feita com calibres para assegurar ao instalador ou inspetor que a conexão foi suficientemente apertada na montagem inicial.

O aperto das conexões de compressão de aço inoxidável, do fabricante Swagelok, é verificado via calibre fornecido com a conexão.

**Nota:**

Não existe no mercado para conexões de dupla anilha, uma norma técnica que estabeleça os padrões que cada fabricante deva seguir, ou seja, cada um desenvolve seu próprio projeto. Devido a este motivo se deve impedir que ocorra a mistura de componentes, sejam corpo, porca e anilhas, de conexões de fabricantes diferentes, Por mais que as peças possam se encaixar, não é garantido que ocorra estanqueidade, justamente por causa das diferenças de projeto e tolerâncias. Essa questão de mescla de componentes de fabricantes diferentes é abordada pela Norma ASTM F1387, como sendo uma prática condenável. Ela não é uma norma de padronização de projetos de fabricação de conexões de compressão, mas estabelece requisitos mínimos para garantir a fabricação de conexões de compressão com altos índices de segurança e desempenho, definindo diversos testes de fábrica, que as conexões devem ser submetidas para conseguir a aprovação e certificação de qualidade.

Exigir do fabricante de conexões de compressão o conhecimento e o uso dessa norma são uma garantia para o cliente de receber um produto confiável e de alto desempenho.

### 3. Referências

- Conexões de compressão de simples anilha  
<http://www.detron.com.br/conexoes-simples-anilha>
- Conexões de compressão de dupla anilha em Aço Inoxidável  
<https://tecflux.com.br/produtos/conexoes/conexoes-dupla-anilha-em-aco-inoxidavel/>
- Conexões de compressão Swagelok  
<https://brasil.swagelok.com/en/Products/Conexoes>
- ASTM F1387 Standard Specification for Performance of Piping and Tubing Mechanically Attached Fittings
- Dados Técnicos sobre Tubos da Swagelok  
<https://www.swagelok.com.mx/downloads/WebCatalogs/PT/MS-01-107.pdf>
- Conexões e Adaptadores para tubos. Aperto verificável através de calibre  
<https://www.swagelok.com/downloads/WebCatalogs/PT/MS-01-140.pdf>



### 4. Especificação técnica dos componentes de conexão de compressão para linhas de instrumentação

#### 4.1. Tubing ou tubo OD

Tubo OD ou “tubing” de aço inoxidável austenítico ASTM A 269 Gr.316 ou 316L, sem costura, recozido, dureza superficial máxima de 90 HRB ou 200 HV, com diâmetro externo de ½”OD, espessura 2,108 mm (0,083 pol), sem revestimento externo e comprimento de 6,0 m.

ASTM A269 Standard Specification for Seamless and Welded Austenitic Stainless Steel Tubing for General Service

#### Características

- a. O tipo de polimento/rugosidade deve estar de acordo com ASTM A269.
- b. O tubo deve conter gravação externa do nome do fabricante, de pressão máxima de trabalho, espessura, diâmetro nominal e lote de fabricação.

#### 4.2. Conexões ou conectores de compressão

Conectores CCT ou conexões de compressão de dupla anilha em aço inoxidável ASTM A182 Gr.F316 ou F316L, de diâmetro externo de ½”OD, tipo CCT x ES ou CCT x RO (em casos especiais), pressão máxima de trabalho conforme classe de pressão 3 000 da Norma ASME B16.11 Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded.

Os conectores CCT ou conexões de compressão devem ter vedação com dupla anilha, porca de rosca paralela, revestimento em Prata anti-grimpamento (anti galling), que possibilitem dez

reconexões, no mínimo. A dureza das anilhas deve ser superior a do “tubo OD”, em pelo menos 10 pontos.

CCT: Conexão de Compressão de Dupla Anilha

ES: Extremidade para Solda de Encaixe

RO: Extremidade Roscada

#### 4.3. Anilhas

Anilhas duplas em aço inoxidável ASTM A276 Gr.316.

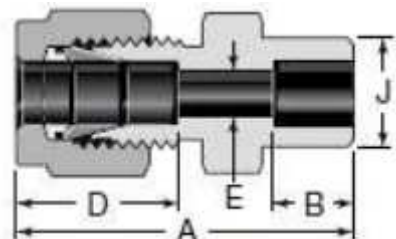
##### Nota:

Para interligar tubo de aço inoxidável com tubo de aço Carbono ou aço Liga, para se evitar solda dissimilar usar conexões:

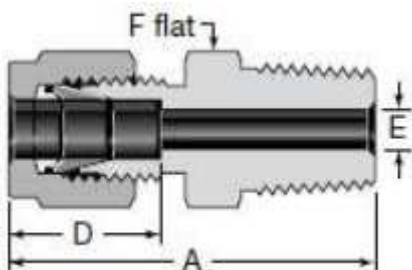
½” 3000# tipo CCT x ES de ASTM A105 Standard Specification for Carbon Steel Forgings for Piping Applications.

#### 4.4. Extremidades

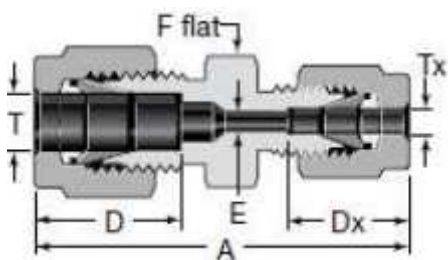
a. ES x OD – solda de encaixe x conector de compressão OD



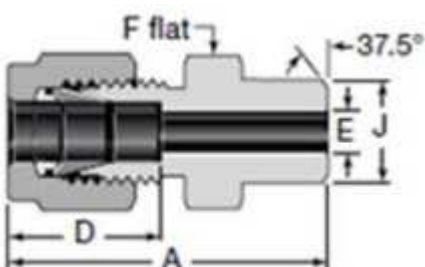
b. RO x OD – rosca x conector de compressão OD



c. OD x OD – conector de compressão OD ambas as extremidades



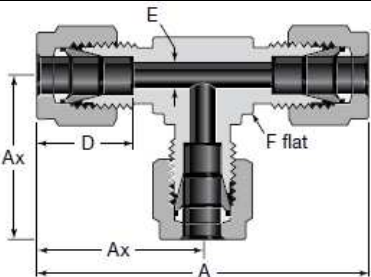
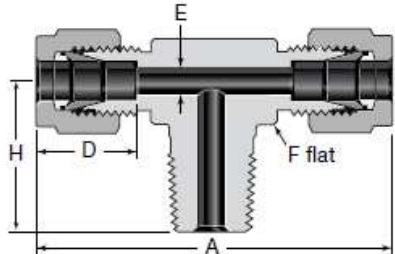
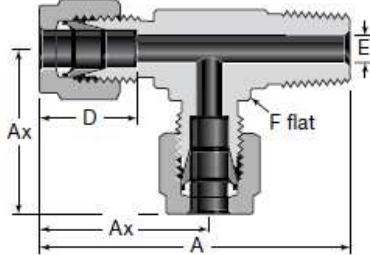
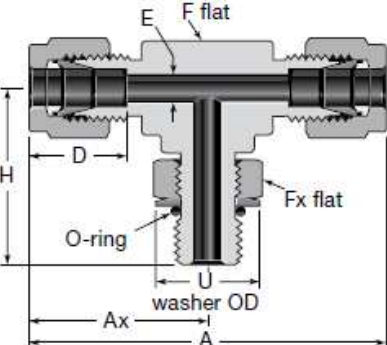
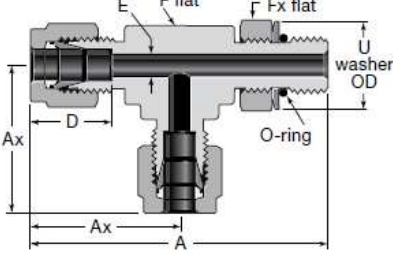
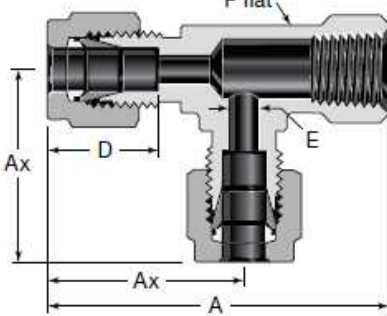
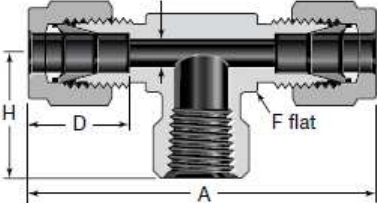
d. Conector de compressão OD x ponta lisa



## 5. Acessórios de conexão ou conector de compressão

| Conexões de Compressão de Dupla Anilha                                                                                           |                                      |                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <p><b>Conector reto de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para “tubing”</b></p> <p>União entre “tubos OD”</p>           |                                      |                                                           |
| <p><b>Conector reto de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para “tubing”</b></p> <p>Extremidade com rosca tipo macho</p> | <p><b>Rosca NPT</b></p>              | <p><b>Rosca paralela ou reta com selagem “O-Ring”</b></p> |
|                                                                                                                                  | <p><b>Rosca paralela ou reta</b></p> |                                                           |
| <p><b>Conector reto de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para “tubing”</b></p> <p>Extremidade com rosca tipo fêmea</p> | <p><b>Rosca NPT</b></p>              | <p><b>Rosca paralela</b></p>                              |
| <p><b>Conector reto de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para “tubing”</b></p> <p>Extremidade para solda</p>           | <p><b>Solda de encaixe</b></p>       | <p><b>Solda de topo em tubo ou encaixe em luva</b></p>    |
| <p><b>Conector reto de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para “tubing”</b></p> <p>Tampão ou “cap” de fechamento de</p> | <p><b>Tampão ou “cap”</b></p>        |                                                           |

|                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>extremidade do<br/>"tubo OD"</p>                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                            |
| <p><b>Conector angular de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para "tubing"</b></p> <p><b>Joelho 90° de união entre "tubos OD"</b></p> |                                                                                                                                                                                                                            |
| <p><b>Conector angular de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para "tubing"</b></p> <p><b>Joelho 90° com rosca tipo macho</b></p>      | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Rosca NPT</b></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>Rosca paralela ou reta com selagem "O ring"</b></p> </div> </div>     |
| <p><b>Conector angular de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para "tubing"</b></p> <p><b>Joelho 90° com rosca tipo fêmea</b></p>      | <p><b>Rosca NPT</b></p>                                                                                                                                                                                                    |
| <p><b>Conector angular de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para "tubing"</b></p> <p><b>Joelho 90° para solda</b></p>                | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Solda de encaixe</b></p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>Solda de topo em tubo ou encaixe em luva</b></p> </div> </div> |
| <p><b>Conector angular de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316</b></p>                                                                  | <p><b>União</b></p>                                                                                                                                                                                                        |

|                                                                                                                               |                                                                                                      |                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| para "tubing"<br><br>Tê de união entre<br>"tubos OD"                                                                          |                     |                                                                                                       |
| Conector angular de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para "tubing"<br><br>Tê com rosca NPT tipo macho              | Rosca NPT<br>       | Rosca NPT<br>       |
| Conector angular de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para "tubing"<br><br>Tê com rosca paralela ou reta tipo macho | Rosca Paralela<br> | Rosca Paralela<br> |
| Conector angular de Compressão com dupla anilha de aço AISI 316 para "tubing"<br><br>Tê com rosca NPT tipo fêmea              | Rosca NPT<br>     | Rosca NPT<br>     |

## 6. Aplicações diversas de instalações com "tubos OD"

| Aplicação de tubo OD ou tubing    | Descrição                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Linhas de impulso de instrumentos | São todos os elementos de tubulação necessários para conectar instrumentos de medição ao processo, incluindo blocos manifolds, válvulas, acessórios de conexão, <i>tubings</i> de aço inoxidável, flanges, válvulas raiz, dentre outros. |
| Linhas de ar de instrumento       | Linhas de suprimento ou de sinal de ar comprimido.                                                                                                                                                                                       |
| Linhas de sistemas hidráulicos    | Aplicação em sistemas hidráulicos, como em atuadores de válvulas com acionamento hidráulico.                                                                                                                                             |

## Anexo

### Tabela de pressões máximas de trabalho sugeridas

Informações do catálogo do fabricante Swagelok Dados técnicos sobre tubos MS-01-107, R8, <https://www.swagelok.com.mx/downloads/WebCatalogs/PT/MS-01-107.pdf>, para tubos OD, de aço inoxidável austenítico ASTM A269, sem costura.

| OD<br>(DE) do<br>Tubo<br>mm | Espessura da Parede do Tubo, mm                                                                                                |     |     |     |     |     |     |                  |     |     |     |     |     |     |     | Séries das<br>Conexões<br>Swagelok |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------------|
|                             | 0,8                                                                                                                            | 1,0 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5              | 2,8 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |     |                                    |
|                             | Pressão de Trabalho, bar                                                                                                       |     |     |     |     |     |     |                  |     |     |     |     |     |     |     |                                    |
|                             | Nota: Para serviço de gás, selecione a espessura da parede do tubo<br>fora da area hachurada. (Vide Serviço de Gás, página 2.) |     |     |     |     |     |     |                  |     |     |     |     |     |     |     |                                    |
| 3                           | 670                                                                                                                            |     |     |     |     |     |     |                  |     |     |     |     |     |     |     | 3MO                                |
| 6                           | 310                                                                                                                            | 420 | 540 | 710 |     |     |     |                  |     |     |     |     |     |     |     | 6MO                                |
| 8                           |                                                                                                                                | 310 | 390 | 520 |     |     |     |                  |     |     |     |     |     |     |     | 8MO                                |
| 10                          |                                                                                                                                | 240 | 300 | 400 | 510 | 580 |     |                  |     |     |     |     |     |     |     | 10MO                               |
| 12                          |                                                                                                                                | 200 | 250 | 330 | 410 | 470 |     |                  |     |     |     |     |     |     |     | 12MO                               |
| 14                          |                                                                                                                                | 160 | 200 | 270 | 340 | 380 | 430 |                  |     |     |     |     |     |     |     | 14MO                               |
| 15                          |                                                                                                                                | 150 | 190 | 250 | 310 | 360 | 400 |                  |     |     |     |     |     |     |     | 15MO                               |
| 16                          |                                                                                                                                |     | 170 | 230 | 290 | 330 | 370 | 400 <sup>®</sup> |     |     |     |     |     |     |     | 16MO                               |
| 18                          |                                                                                                                                |     | 150 | 200 | 260 | 290 | 320 | 370              |     |     |     |     |     |     |     | 18MO                               |
| 20                          |                                                                                                                                |     | 140 | 180 | 230 | 260 | 290 | 330              | 380 |     |     |     |     |     |     | 20MO                               |
| 22                          |                                                                                                                                |     | 120 | 160 | 200 | 230 | 260 | 300              | 340 |     |     |     |     |     |     | 22MO                               |
| 25                          |                                                                                                                                |     |     |     | 180 | 200 | 230 | 260              | 290 | 320 |     |     |     |     |     | 25MO                               |
| 28                          |                                                                                                                                |     |     |     |     | 180 | 200 | 230              | 260 | 280 | 330 |     |     |     |     | 28MO                               |
| 30                          |                                                                                                                                |     |     |     |     | 170 | 180 | 210              | 240 | 260 | 310 |     |     |     |     | 32MO                               |
| 32                          |                                                                                                                                |     |     |     |     | 160 | 170 | 200              | 220 | 240 | 290 | 330 |     |     |     | 38MO                               |
| 38                          |                                                                                                                                |     |     |     |     |     | 140 | 160              | 190 | 200 | 240 | 270 | 310 |     |     | 30MO                               |
| 50                          |                                                                                                                                |     |     |     |     |     |     |                  |     |     | 150 | 180 | 210 | 240 | 270 | 50MO                               |

① Valor nominal baseado em repetidos testes de pressão da conexão Swagelok para tubo com um fator de segurança de 4:1 baseado no vazamento do fluido hidráulico.

Fonte: Swagelok Dados técnicos sobre tubos MS-01-107, R8

As pressões de trabalho admissíveis foram calculadas, para temperatura de trabalho entre -28°C e 37° C, conforme a Norma ASME B31.3 *Process Piping* para tubos, usando um valor de tensão admissível igual a 1370 bar (20000 psi) e limite de resistência à tração de 5170 bar (75 000 psi).

Para determinar a pressão de trabalho admissível em temperaturas mais elevadas, multiplicar a pressão de trabalho permitida pelos fatores apresentado na Tabela, a seguir.

### Tabela de correção das pressões máximas de trabalho para temperaturas elevadas

| Temperatura |     | Material do Tubo |       |                          |              |              |          |                      |                         |                       |         |          |          |          |
|-------------|-----|------------------|-------|--------------------------|--------------|--------------|----------|----------------------|-------------------------|-----------------------|---------|----------|----------|----------|
| °F          | °C  | Alumínio         | Cobre | Aço Carbono <sup>②</sup> | Aço Inox 304 | Aço Inox 316 | Liga 400 | Liga 20 <sup>⊕</sup> | Liga C-276 <sup>⊕</sup> | Liga 600 <sup>⊕</sup> | Titânio | SAF 2507 | Liga 825 | Liga 625 |
| 200         | 93  | 1,00             | 0,80  | 0,95                     | 1,00         | 1,00         | 0,87     | 1,00                 | 1,00                    | 1,00                  | 0,86    | 0,90     | 1,00     | 0,93     |
| 400         | 204 | 0,40             | 0,50  | 0,87 <sup>⊕</sup>        | 0,93         | 0,96         | 0,79     | 0,96                 | 0,96                    | 0,96                  | 0,61    | 0,82     | 0,90     | 0,85     |
| 600         | 315 |                  |       |                          | 0,82         | 0,85         | 0,79     | 0,85                 | 0,85                    | 0,85                  | 0,45    | 0,80     | 0,84     | 0,79     |
| 800         | 426 |                  |       |                          | 0,76         | 0,79         | 0,75     | 0,79                 | 0,79                    | 0,79                  |         |          | 0,81     | 0,75     |
| 1000        | 537 |                  |       |                          | 0,69         | 0,76         |          |                      | 0,76                    | 0,35                  |         |          |          | 0,73     |

② Baseado no valor máximo de 190°C.

⊕ Baseado no menor fator de redução para aço inoxidável, conforme ASME B3 1.3.