

## Material para Isolamento Térmico

### Padronização

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. A Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma é a responsável pela adoção e aplicação das suas seções, subseções e enumerações.

**Requisito Técnico:** Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pela Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter impositivo.

**Prática Recomendada:** Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pela Unidade da PETROBRAS usuária desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter não-impositivo. É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o seu aprimoramento, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, a seção, subseção e enumeração a ser revisada, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

***"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na PETROBRAS, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."***

## CONTEC

Comissão de Normalização  
Técnica

## SC - 09

Isolamento Térmico  
e Refratários

### Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GT (formados por Técnicos Colaboradores especialistas da Companhia e de suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e por suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SC (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as Subsidiárias) e homologadas pelo Núcleo Executivo (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a Norma Técnica PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

**Sumário**

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | Escopo.....  | 4  |
| 2    | Referências Normativas .....   | 4  |
| 3    | Termos e Definições.....   | 7  |
| 4    | Isolantes Térmicos Rígidos .....   | 8  |
| 4.1  | Silicato de Cálcio (em Calha, Segmento e Placa) .....                      | 8  |
| 4.2  | Espuma Rígida de Poliuretano (PUR) e Poliisocianurato (PIR) .....          | 8  |
| 4.3  | Perlita Expandida (em Calha, Segmento e Placa).....                        | 9  |
| 4.4  | Vidro Celular, (“Cellular Glass”, em Bloco, Calha, Segmento e Placa) ..... | 9  |
| 5    | Isolantes Térmicos Flexíveis .....   | 9  |
| 5.1  | Lã de Vidro .....  | 10 |
| 5.2  | Lã de Rocha .....  | 10 |
| 5.3  | Fibra Cerâmica.....  | 11 |
| 5.4  | Aerogel (em Manta) .....   | 12 |
| 5.5  | Espuma Elastomérica (em Tubo e Manta) .....                                | 12 |
| 6    | Materiais Complementares.....  | 12 |
| 6.1  | Cimento Isolante .....   | 12 |
| 6.2  | Massa de Acabamento de Base Asfáltica .....                                | 13 |
| 6.3  | Selante .....  | 14 |
| 6.6  | Tela de Reforço Hexagonal de Arame.....                                    | 16 |
| 6.7  | Feltro Asfáltico.....  | 16 |
| 6.8  | Revestimento de Proteção .....   | 16 |
| 6.9  | Asfalto Oxidado .....  | 19 |
| 6.10 | Pedrisco Grosso.....   | 19 |
| 6.11 | Papel “Kraft” Betumado.....  | 19 |
| 7    | Acessórios .....   | 19 |
| 7.1  | Arame de Fixação .....   | 19 |
| 7.2  | Cinta e Fita de Fixação .....  | 20 |
| 7.3  | Mola.....  | 20 |
| 7.4  | Selo .....   | 20 |

|   |    |
|---|----|
| 7.5 Parafuso .....                      | 21 |
| 7.6 Arruela .....                       | 21 |
| 7.7 “Clip” .....                        | 21 |
| 7.8 Rebite .....                        | 21 |
| 7.9 Suporte .....                       | 22 |
| 7.10 Fecho e Engate.Rápido.....         | 22 |
| 7.11 Pino de Ancoragem.....             | 22 |
| 7.12 Caixas e Janelas de Inspeção ..... | 22 |
| Anexo A - Figuras.....                  | 23 |

### **Figuras**

|   |    |
|---|----|
| Figura A.1 - Mola Tipo Senoidal .....   | 23 |
| Figura A.2 - Mola Tipo Helicoidal .....   | 24 |
| Figura A.3 - Selo.....  | 25 |
| Figura A.4 - “Clip” de Pressão .....  | 26 |
| Figura A.5 -“Clip” .....  | 27 |
| Figura A.6 - Suporte para Isolamentos de Tubulações Verticais ou com Inclinação Superior a 45° .... | 28 |
| Figura A.7 - Fecho e Engate Rápido de Aço Carbono Galvanizado .....                                 | 29 |
| Figura A.8 - Fecho e Engate Rápido de Alumínio.....   | 29 |
| Figura A.9 - Fecho e Engate Rápido de Aço Inoxidável .....  | 30 |
| Figura A.10.1 - Caixas de Inspeção .....  | 31 |
| Figura A.10.2 - Janelas de Inspeção.....  | 32 |
| Figura A.11 - Pino de Ancoragem .....   | 33 |

### **Tabelas**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 - Características do Poliuretano Pré-Moldado ou Injetado.....      | 8  |
| Tabela 2 - Características do Poliuretano Pulverizado.....                  | 9  |
| Tabela 3 - Requisitos Físicos da Massa de Acabamento de Base Asfáltica..... | 13 |
| Tabela 4 - Sistema de Pintura.....  | 17 |
| Tabela 5 - Características do Polietileno .....                             | 18 |
| Tabela 6 - Características do Plástico Reforçado com Fibra de Vidro.....    | 18 |
| Tabela 7 - Características de Asfalto Oxidado .....                         | 19 |

## 1 Escopo

1.1 Esta Norma padroniza os materiais isolantes térmicos para alta e baixa temperaturas, materiais complementares e acessórios de montagem de isolamento térmico para uso externo em equipamentos e tubulações industriais.

1.2 Esta Norma se aplica a projetos iniciados a partir da data de sua edição e também instalações/equipamentos já existentes, quando da sua manutenção ou reforma.

1.3 Esta Norma contém Requisitos Técnicos e Práticas Recomendadas.

## 2 Referências Normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes dos referidos documentos.

PETROBRAS [N-1367](#) - Determinação do Teor de Sólidos por Massa em Tintas e Produtos Afins;

ABNT [NBR 5007](#) - Tiras Relaminadas de Aço de Baixo Teor de Carbono para Estampagem – Especificação;

ABNT [NBR 5601](#) - Aços Inoxidáveis - Classificação por Composição Química;

ABNT [NBR 5589](#) - Arame de Aço de Baixo Teor de Carbono - Requisitos;

ABNT [NBR 6323](#) - Galvanização por imersão a quente de produtos de aço e ferro fundido - Especificação;

ABNT [NBR 6331](#) - Arame de Aço de Baixo Teor de Carbono, Zincado, para Uso Geral - Especificação;

ABNT [NBR 7000](#) - Alumínio e suas Ligas - Produtos Extrudados com ou sem Trefilação - Propriedades Mecânicas;

ABNT [NBR 7008-2](#) - Chapas e Bobinas de Aço Revestidas com Zinco ou Liga Zinco-Ferro pelo Processo Contínuo de Imersão a Quente - Parte 2: Aços de Qualidade Comercial e para Estampagem;

ABNT [NBR 7358](#) - Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmica - Determinação das características de inflamabilidade;

ABNT [NBR 7556](#) - Alumínio e suas Ligas - Chapas - Requisitos;

ABNT [NBR 8094](#) - Material Metálico Revestido e não Revestido - Corrosão por Exposição à Nevoa Salina – Método de ensaio;

ABNT [NBR 8096](#) - Material Metálico Revestido e Não-Revestido - Corrosão por Exposição ao Dióxido de Enxofre - Método de Ensaio;

ABNT [NBR 9688](#) - Isolantes térmicos com mantas de fibra cerâmica;

ABNT [NBR 9909](#) - Painéis termoisolantes à base de fibra cerâmica;

- ABNT [NBR 10412](#) - Isolantes térmicos de lã de vidro feltros de lamelas - Especificação;
- ABNT [NBR 10662](#) - Isolantes térmicos pré-moldados de silicato de cálcio - Especificação;
- ABNT [NBR 11357](#) - Tubos Termoisolantes à Base de Lã de Vidro;
- ABNT [NBR 11358](#) - Painéis Termoisolantes à Base de Lã de Vidro;
- ABNT [NBR 11360](#) - Isolantes Térmicos de Lã de Vidro - Flocos - Especificação;
- ABNT [NBR 11361](#) - Mantas Termoisolantes à Base de Lã de Vidro;
- ABNT [NBR 11363](#) - Tubos Termoisolantes à Base de Lã de Rocha;
- ABNT [NBR 11364](#) - Painéis Termoisolantes à Base de Lã de Rocha - Especificação;
- ABNT [NBR 11722](#) - Feltros Termoisolantes à Base de Lã de Rocha;
- ABNT [NBR 11777](#) - Cimento Isolante à Base de Silicato de Cálcio para Rejuntamento - Especificação;
- ABNT [NBR 13047](#) - Mantas termoisolantes à base de lã de rocha;
- ABNT [NBR ISO 18553](#) - Método para Avaliação do Grau de Dispersão de Pigmentos ou Negro-de-Fumo em Tubos, Conexões e Compostos Poliolefínicos;
- ISO [1522](#) - Paints and Varnishes - Pendulum Damping Test;
- ISO [3233-1](#) - Paints and varnishes — Determination of percentage volume of non-volatile matter - Part 1: Method using a coated test panel to determine non-volatile matter and to determine dry-film density by the Archimedes' principle;
- ASTM [A36/A36M](#) - Standard Specification for Carbon Structural Steel;
- ASTM [A109/A109M](#) - Standard Specification for Steel, Strip, Carbon (0.25 Maximum Percent), Cold-Rolled;
- ASTM [A390](#) - Standard Specification for Zinc-Coated (Galvanized) Steel Poultry Fence Fabric (Hexagonal and Straight Line);
- ASTM [A480/A480M](#) - Standard Specification for General Requirements for Flat-Rolled Stainless and Heat-Resisting Steel Plate, Sheet and Strip;
- ASTM [A492](#) - Standard Specification for Stainless Steel Rope Wire;
- ASTM [A879/A879M](#) - Standard Specification for Steel Sheet, Zinc Coated by the Electrolytic Process for Applications Requiring Designation of the Coating Mass on Each Surface;
- ASTM [B209](#) - Standard Specification for Aluminum and Aluminum-Alloy Sheet and Plate;
- ASTM [B633](#) - Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Zinc on Iron and Steel;
- ASTM [B841](#) - Standard Specification for Electrodeposited Coatings of Zinc Nickel Alloy Deposits;
- ASTM [B849](#) - Standard Specification for Pre-Treatments of Iron or Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement;

ASTM [B850](#) - Standard Guide for Post-Coating Treatments of Steel for Reducing the Risk of Hydrogen Embrittlement;

ASTM [C177](#) - Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus;

ASTM [C795](#) - Standard Specification for Thermal Insulation for Use in Contact with Austenitic Stainless Steel;

ASTM [C552](#) - Standard Specification for Cellular Glass Thermal Insulation;

ASTM [C1728](#) - Standard Specification for Flexible Aerogel Insulation;

ASTM [D543](#) - Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents;

ASTM [D635](#) - Standard Test Method for Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position;

ASTM [D638](#) - Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics;

ASTM [D790](#) - Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials;

ASTM [D1238](#) - Standard Test Method for Melt Flow Rates of Thermoplastics by Extrusion Plastometer;

ASTM [D1505](#) - Standard Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique;

ASTM [D1525](#) - Standard Test Method for Vicat Softening Temperature of Plastics;

ASTM [D1621](#) - Standard Test Method for Compressive Properties of Rigid Cellular Plastics;

ASTM [D1622/D1622M](#) - Standard Test Method for Apparent Density of Rigid Cellular Plastics;

ASTM [D1623](#) - Standard Test Method for Tensile and Tensile Adhesion Properties of Rigid Cellular Plastics;

ASTM [D1754/D1754M](#) - Standard Test Method for Effect of Heat and Air on Asphaltic Materials (Thin-Film Oven Test);

ASTM [D2042](#) - Standard Test Method for Solubility of Asphalt Materials in Trichloroethylene;

ASTM [D2126](#) - Standard Test Method for Response of Rigid Cellular Plastics to Thermal and Humid Aging;

ASTM [D2240](#) - Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness;

ASTM [D2244](#) - Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates;

ASTM [D2247](#) - Standard Practice for Testing Water Resistance of Coating in 100 % Relative Humidity;

ASTM [D2794](#) - Standard Test Method for Resistance of Organic Coatings to the Effects of Rapid Deformation (Impact);

ASTM [D2842](#) - Standard Test Method for Water Absorption of Rigid Cellular Plastics;

ASTM [D3349](#) - Standard Test Method for Absorption Coefficient of Ethylene Polymer Material Pigmented with Carbon Black;

ASTM [D3359](#) - Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test;

ASTM [D4141](#) - Standard Practice for Conducting Black Box and Solar Concentrating Exposures of Coatings;

ASTM [D4218](#) - Standard Test Method for Determination of Carbon Black Content in Polyethylene Compounds by the Muffle-Furnace Technique;

ASTM [D6226](#) - Standard Test Method for Open Cell Content of Rigid Cellular Plastics;

ASTM [E313](#) - Standard Practice for Calculating Yellowness and Whiteness Indices from Instrumentally Measured Color Coordinates;

ASTM [G155](#) - Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non-Metallic Materials.

### 3 Termos e Definições

Para os efeitos deste documento aplicam-se os seguintes termos e definições.

#### 3.1

##### **isolantes térmicos rígidos**

peças pré-moldadas fornecidas nas formas de segmentos, calhas, placas e peças especiais fabricadas nos seguintes materiais isolantes:

- a) silicato de cálcio;
- b) espuma rígida de poliuretano e poliisocianurato;
- c) perlita expandida;
- d) vidro celular (“cellular glass”).

#### 3.2

##### **isolantes térmicos flexíveis**

peças conformáveis fornecidas nas formas de feltros, painéis, tubos flexíveis, mantas, flocos, cordas e módulos, fabricadas nos seguintes materiais isolantes:

- a) lã de vidro;
- b) lã de rocha;
- c) fibra (ou lã) cerâmica;
- d) aerogel;
- e) espuma elastomérica.

#### 3.3

##### **material complementar**

material destinado à proteção do isolante térmico e/ou à montagem da barreira de vapor, tais como: cimentos, massas, selantes, revestimentos de proteção

#### 3.4

##### **acessório**

material destinado a facilitar a montagem e fixar os materiais isolantes e complementares, tais como: arames, cintas, “clip”, selos, parafusos

**3.5****alta temperatura**

toda temperatura de operação acima da média das máximas temperaturas ambiente nos 2 meses mais quentes do ano

**3.6****baixa temperatura**

toda temperatura de operação igual ou inferior à média das máximas temperaturas ambiente, nos 2 meses mais quentes do ano

**4 Isolantes Térmicos Rígidos**

Quando o isolante térmico for aplicado em equipamentos ou tubulações de aço inoxidável das séries 300 e 400, cada lote fornecido deve atender a especificação da ASTM [C795](#).

**4.1 Silicato de Cálcio (em Calha, Segmento e Placa)**

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 10662](#), Tipo I (27 °C a 650 °C).

**4.2 Espuma Rígida de Poliuretano (PUR) e Poliisocianurato (PIR)****4.2.1 Poliuretano Pré-Moldado (em Calha, Segmento e Placa) e Injetado**

As características exigíveis são as seguintes:

- com retardante de chama (exceto para uso em dutos e tubulações enterradas);
- agente expansor isento de gás clorofluorcarbono (CFC);
- propriedades conforme a Tabela 1.

**Tabela 1 - Características do Poliuretano Pré-Moldado ou Injetado**

| Propriedade  | Unidade             | Tipo 1<br>(-10 °C a 70 °C) | Tipo 2<br>(-40 °C a 80 °C) | Tipo 3<br>(-120 °C a 90 °C) | Método de Ensaio              |
|--|---------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Massa específica aparente  | kg/m <sup>3</sup>   | 20 a 30                    | > 30 a 40                  | > 40 a 65                   | ASTM <a href="#">D1622</a>    |
| Condutividade térmica a 23 °C (máx.)                                     | W/m.K               | 0,023                      | 0,023                      | 0,023                       | ASTM <a href="#">C177</a>     |
| Resistência a compressão a 10% de deformação (mín.)                      | kgf/cm <sup>2</sup> | 0,5 a 2,5                  | 1,5 a 3,5                  | 2,0 a 6,0                   | ASTM <a href="#">D1621</a>    |
| Absorção de água por volume (máx.)                                       | %-v                 | 10                         | 5,0                        | 4,0                         | ASTM <a href="#">D2842</a>    |
| Resistência a flexão (mín.)  | kgf/cm <sup>2</sup> | 1,0                        | 1,2                        | 2,0                         | ASTM <a href="#">D790</a>     |
| Estabilidade dimensional (após 7 dias na máx. temperatura de uso) (máx.) | %                   | 2,0                        | 3,0                        | 3,0                         | ASTM <a href="#">D2126</a>    |
| Células fechadas (mín.)  | %-v                 | 85                         | 90                         | 90                          | ASTM <a href="#">D6226</a>    |
| Inflamabilidade  | -                   | Classe R 1                 | Classe R 1                 | Classe R 1                  | ABNT <a href="#">NBR 7358</a> |
| Resistência a solventes  | %                   | 10                         | 5,0                        | 5,0                         | ASTM <a href="#">D543</a>     |



#### 4.2.2 Poliuretano Pulverizado

As características exigíveis são aquelas constantes na ASTM C1029, com os seguintes requisitos adicionais:

- com retardantes de chamas (exceto para uso em dutos e tubulações enterradas);
- agente expansor isento de gás clorofluorcarbono (CFC);
- características conforme Tabela 2.

**Tabela 2 - Características do Poliuretano Pulverizado**

| Propriedades                         | Condições | Unidades          | Valores |       |        | Método de ensaio             |
|--------------------------------------|-----------|-------------------|---------|-------|--------|------------------------------|
| Massa específica aparente            | -         | kg/m <sup>3</sup> | 35–45   | 48–60 | 90–120 | ASTM D1622                   |
| Condutividade térmica máxima a 24 °C | até 24 h  | W/m.K             | 0,014   | 0,015 | 0,018  | ASTM C518<br>ou<br>ASTM C177 |
|                                      | após 30 d | W/m.K             | 0,015   | 0,016 | 0,020  |                              |
| Absorção d'água                      | máxima    | g/cm <sup>2</sup> | 0,024   | 0,021 | 0,018  | ASTM D2842                   |
| Quantidade de células fechadas       | mínima    | %                 | 90      | 92    | 95     | ASTM D6226                   |
| Variação linear máxima               | 7 d/70 °C | %                 | 2       | 3     | 3      | ASTM D2126                   |
| Resistência à compressão             | mínima    | kPa               | 200     | 250   | 700    | ASTM D1621                   |
| Resistência à tração                 | mínima    | kPa               | 280     | 300   | 800    | ASTM D1623                   |
| Resistência à flexão                 | mínima    | kPa               | 280     | 300   | 800    | ASTM D790                    |

#### 4.2.3 Poliisocianurato Pré-Moldado (em Calha, Segmento e Placa)

As características exigíveis são aquelas constantes na ASTM C591, Grade 2 (-183 °C a 149 °C), admitindo *Type I* ( $\geq 137$  kPa) a *Type VI* ( $\geq 862$  kPa).

#### 4.3 Perlita Expandida (em Calha, Segmento e Placa)

As características exigíveis são aquelas constantes na ASTM C610 (27 °C a 649 °C).

#### 4.4 Vidro Celular, ("Cellular Glass", em Bloco, Calha, Segmento e Placa)

As características exigíveis são aquelas constantes na ASTM C552, sendo admitido os seguintes tipos:

- Type I* (blocos): *Grade 6* ( $\geq 414$  kPa) a *24* ( $\geq 1 655$  kPa);
- Type II* (calhas ou segmentos fabricados a partir do *Type I*, *Grade 6*);
- Type III* (formatos especiais fabricados a partir do *Type I*, *Grade 6*); e
- Type IV* (placas fabricadas a partir do *Type I*, *Grade 6*).

### 5 Isolantes Térmicos Flexíveis

Quando o isolante térmico for aplicado em equipamentos ou tubulações de aço inoxidável das séries 300 e 400, cada lote fornecido deve atender a especificação da ASTM C795.

## 5.1 Lã de Vidro

### 5.1.1 Em Feltro de Lamelas

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 10412](#).

### 5.1.2 Em Pannel

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 11358](#), nas densidades de 40 kg/m<sup>3</sup> ou 60 kg/m<sup>3</sup>.

NOTA: considerar a temperatura máxima de uso de 350 °C para a densidade de 40 kg/m<sup>3</sup>, e de 450 °C para 60 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.1.3 Em Tubo

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 11357](#).

NOTA: considerar densidade típica de 60 kg/m<sup>3</sup> a 100 kg/m<sup>3</sup>, e temperatura máxima de uso de 450 °C.

### 5.1.4 Em Manta

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 11361](#).

NOTA: considerar a temperatura máxima de uso de 350 °C, para a densidade de 40 kg/m<sup>3</sup>, e 450 °C para 60 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.1.5 Em Flocos

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 11360](#), Classe A (-30 °C a 250 °C) ou Classe B (-200 °C a 550 °C).

## 5.2 Lã de Rocha

### 5.2.1 Em Feltro de Lamelas

Os painéis utilizados para a fabricação dos segmentos dos feltros de lamelas devem estar de acordo com a ABNT [NBR 11364](#), nas densidades de 64 kg/m<sup>3</sup>, 96 kg/m<sup>3</sup> ou 128 kg/m<sup>3</sup>, e devem ser suportadas com folha de alumínio, com espessura mínima de 0,015 mm, com ou sem papel "Kraft", reforçada com fios de poliéster ou vidro.

NOTA: considerar as seguintes temperaturas máximas de uso:

- massa específica de 64 kg/m<sup>3</sup>: 175 °C;
- massa específica de 96 kg/m<sup>3</sup>: 350 °C; e
- massa específica de 128 kg/m<sup>3</sup>: 600 °C.

### 5.2.2 Em Painel

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 11364](#), nas densidades de 64 kg/m<sup>3</sup>, 96 kg/m<sup>3</sup> ou 128 kg/m<sup>3</sup>.

NOTA: considerar as seguintes temperaturas máximas de uso:

- massa específica de 64 kg/m<sup>3</sup>: 175 °C;
- massa específica de 96 kg/m<sup>3</sup>: 350 °C; e
- massa específica de 128 kg/m<sup>3</sup>: 600 °C.

### 5.2.3 Em Tubo

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 11363](#).

NOTA: considerar a temperatura máxima de uso de 600 °C e massa específica típica de 120 kg/m<sup>3</sup> a 165 kg/m<sup>3</sup>.

### 5.2.4 Em Manta com Suporte de Tela Metálica

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 13047](#), nas densidades de 64 kg/m<sup>3</sup>, 96 kg/m<sup>3</sup> e 128 kg/m<sup>3</sup>.

NOTA: considerar as seguintes temperaturas máximas de uso:

- massa específica de 64 kg/m<sup>3</sup>: 175 °C;
- massa específica de 96 kg/m<sup>3</sup>: 350 °C; e
- massa específica de 128 kg/m<sup>3</sup>: 600 °C.

## 5.3 Fibra Cerâmica

### 5.3.1 Em Manta

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 9688](#), Classe C (até 815 °C), nas densidades de 64 kg/m<sup>3</sup> ou 96 kg/m<sup>3</sup>.

NOTA: considerar a especificação da condutividade térmica até a temperatura de 427 °C (medido segundo a ASTM [C177](#)).

### 5.3.2 Em Painel

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 9909](#), Classe C (até 815 °C), nas densidades de 64 kg/m<sup>3</sup> ou 96 kg/m<sup>3</sup>.

NOTA: considerar a especificação da condutividade térmica até a temperatura de 427 °C (medido segundo a ASTM [C177](#)).

### 5.3.3 Em Módulos

Módulo de fibra cerâmica, ancorado com sistema de fixação metálico, com características exigíveis conforme a ABNT [NBR 9688](#) (onde aplicável), Classe A (até 1 260 °C), nas densidades de 96 kg/m<sup>3</sup> ou 128 kg/m<sup>3</sup>.

NOTA: considerar a especificação da condutividade térmica até a temperatura de 427 °C (medido segundo a ASMT [C177](#)).

#### 5.3.4 Em Cordas

As características exigíveis são:

- a) densidade: 320 kg/m<sup>3</sup> a 700 kg/m<sup>3</sup>;
- b) temperatura de uso contínuo: no mínimo 1 090 °C;
- c) as fibras podem ser compostas por óxidos de, mas não limitado a, alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), silício (SiO<sub>2</sub>), cálcio (CaO) e magnésio (MgO);
- d) diâmetros: 9 mm a 51 mm.

#### 5.4 Aerogel (em Manta)

As características exigíveis são aquelas constantes na ASTM [C1728](#), sendo admitidos os seguintes tipos:

- a) *Type I* (-196 °C a 125 °C), *Grade 1B* (≥ 34,5 kPa);
- b) *Type III* (24 °C a 649 °C), *Grade 1A* (superfície plana); e
- c) *Type III* (24 °C a 649 °C), *Grade 2A* (tubos).

#### 5.5 Espuma Elastomérica (em Tubo e Manta)

As características exigíveis são aquelas constantes na ASTM [C534/C534M](#), sendo admitido os seguintes tipos:

- a) *Type I* (tubo): *Grade 1* (-183 °C a 104 °C), *Grade 2* (-183 °C a 150 °C) e *Grade 3* (-183 °C a 120 °C, isento de cloretos, fluoretos ou PVC); e
- b) *Type II* (manta): *Grade 1* (-183 °C a 104 °C), *Grade 2* (-183 °C a 150 °C) e *Grade 3* (-183 °C a 120 °C, isento de cloretos, fluoretos ou PVC).

### 6 Materiais Complementares

#### 6.1 Cimento Isolante

##### 6.1.1 Para Silicato de Cálcio

As características exigíveis são aquelas constantes na ABNT [NBR 11777](#) com os seguintes requisitos adicionais:

- a) isento de amianto;
- b) para a temperatura média de 95 °C, considerar condutividade térmica máxima de 0,317 W/m.K;
- c) o teor máximo de cloretos e fluoretos deve atender aos critérios da ASTM [C795](#) para equipamentos ou tubulações de aço inoxidável das séries 300 e 400.

##### 6.1.2 Para Perlita Expandida

As características exigíveis devem atender as orientações do fabricante.

## 6.2 Massa de Acabamento de Base Asfáltica

6.2.1 Composta de emulsão asfáltica, resistente a intempéries, contendo fibras de reforço, isenta de amianto, não devendo conter areia ou diatomácea, devendo ser elástica e apresentar, quando aplicada e seca, uma superfície lisa e uniforme, sem trincas e sem grânulos.

6.2.2 As características exigíveis são aquelas constantes na Tabela 3, devendo ser utilizada na faixa de 18 °C a 93 °C.

**Tabela 3 - Requisitos Físicos da Massa de Acabamento de Base Asfáltica**

| Características  | Unidade           | Valor   | Método de ensaio  |
|--|-------------------|---|---|
| Massa específica aparente, mínima.   | kg/m <sup>3</sup> | 1 200   | ASTM D70  |
| Resistência mecânica à tração nos sentidos longitudinal e transversal (mínima).  | N/cm<br>(kgf/cm)  | 50<br>(5)   | ASTM D146/D146M (espessura do corpo-de-prova: 3,2 mm)   |
| Sólidos totais mínimos.  | %                 | 70  | PETROBRAS N-1367  |
| Contração linear máxima da camada úmida, após secagem.   | %                 | 4   | Ver Nota 2  |
| Redução máxima de espessura da camada úmida, após secagem.   | %                 | 50  | Ver Nota 2  |
| Varição máxima de massa pela absorção de água; 100 % imerso por 24 h a 25 °C.  | %                 | 12  | ASTM D471<br>(espessura do corpo de prova 3,2 mm)   |
| Tempo máximo de secagem ao toque a temperatura de 23 °C.   | hora              | 7   | ASTM C461 (fazer verificações de 15 min em 15 min)  |
| Prova de fogo.   | -                 | Não deve ser observado sangramento de material oleoso na área degradada pela chama. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Montar o corpo-de-prova (ver Nota 1) na posição vertical e submeter à chama azul de um "Bunsen" aplicado no centro da área revestida por exatamente 10 s. Retirar o corpo-de-prova do fogo e depois de 10 s não deve haver qualquer combustão continuada do revestimento.</li> <li>- Mais uma vez aplicar a chama do bico de "Bunsen" continuamente no centro da área revestida, fazer observações quanto ao escorrimento, decaimento, perda de material ou carbonização do material aplicado sobre o painel de teste durante o teste de chama direta.</li> <li>- Desconsiderar leves sangramentos de material oleoso na região em contato com a chama.</li> </ul> |
| Alongamento mínimo.  | %                 | 2   | ASTM D113   |
| <p>NOTA 1 Quando não indicado no método de ensaio, os corpos de prova devem ser preparados conforme descrito abaixo:</p> <p>a) aplicar a massa asfáltica sobre um painel metálico de 150 mm<sup>2</sup> de área, com espessura de 0,30 mm a 0,40 mm;</p> <p>b) a aplicação da massa asfáltica deve ser feita por meio de espátula sempre em um</p> |                   |   |   |

único sentido de espalhamento, através de um orifício de 100 mm<sup>2</sup>, centralizado em uma máscara com 1,6 mm de espessura;

c) secar à temperatura ambiente;

NOTA 2 Os ensaios de contração linear e redução de espessura devem ser realizados conforme o procedimento abaixo:

- aplicar a amostra em um molde impermeável de 100 mm x 50 mm x 6 mm ± 1 mm, por meio de uma espátula, até se obter um acabamento uniforme;
- retirar o molde, logo após a massa asfáltica adquirir consistência;
- realizar 6 medidas da maior dimensão do corpo-de-prova em pontos equidistantes e 12 medidas da espessura, sendo 3 em cada lateral, afastadas 12 mm das bordas;
- deixar secar o corpo-de-prova a temperatura ambiente;
- executar novamente as mesmas medidas nos mesmos pontos;
- calcular a contração linear por meio da seguinte fórmula:

$$CL = \frac{Li - Lf}{Li} \times 100$$

Onde:

CL é a contração linear após a secagem, em %;

Li é a média aritmética das 6 medidas iniciais do comprimento do corpo de prova, em mm;

Lf é a média aritmética das 6 medidas finais do comprimento do corpo de prova, em mm.

g) calcular a redução de espessura por meio da seguinte fórmula:

$$RE = \frac{Ei - Ef}{Ei} \times 100$$

Onde:

RE é a redução de espessura, em %;

Ei é a média aritmética das 12 medidas iniciais da espessura do corpo de prova, em mm;

Ef é a média aritmética das 12 medidas finais da espessura do corpo de prova em mm.

## 6.3 Selante

### 6.3.1 Não-Secativo

Composição a base de borracha de silicone e temperatura de operação entre -65 °C a 260 °C.

### 6.3.2 Secativo

Composição de base asfáltica ou elastomérica, tendo como principais características:

- faixa de temperatura de uso contínuo entre -70 °C e 60 °C para os de base elastomérica, e -2 °C e 60 °C para os de base asfáltica, permanecendo flexível e aderente na faixa de temperatura citada;
- material volátil ≤ 5%;
- retração oriunda da secagem ≤ 5 %;
- resiliência constante;
- não deve manter a chama além de 2 min, quando exposto à chama do queimador "Bunsen", por 3 min;
- deve ser quimicamente compatível com os materiais de poliuretano (ver 4.2).

#### **6.4 Impermeabilizante de Base Asfáltica ou Elastomérica**

6.4.1 O impermeabilizante de base asfáltica ou elastomérica ou de poliuretano com asfalto deve ser quimicamente compatível com os materiais isolantes utilizados.

6.4.2 As faixas de temperatura de uso contínuo devem estar situadas nos seguintes intervalos:

- a) base asfáltica: -20 °C a 50 °C;
- b) base elastomérica: -35 °C a 80 °C.

6.4.3 A percentagem mínima de sólidos deve ser de 50 % em volume, de acordo com a ISO [3233-1](#).

6.4.4 A flexibilidade deve ser de forma a não apresentar trincas, quando uma película de espessura de 0,75 mm for dobrada, com um arco de 120° sobre um mandril de 3 mm de diâmetro.

6.4.5 A consistência deve ser compatível com o método de aplicação a ser utilizado.

6.4.6 O tempo de secagem ao toque deve ser de, no máximo, 4 h.

6.4.7 Os impermeabilizantes devem ter a propriedade de serem auto-extinguíveis, serem de cor preta, com emissividade mínima de 0,90 ou admitirem aplicação de sistema de pintura na cor preta.

#### **6.5 Adesivo de Base Asfáltica ou Elastomérica**

6.5.1 Os adesivos de base asfáltica ou elastomérica devem ser quimicamente compatíveis com os materiais isolantes utilizados.

6.5.2 As faixas de temperatura de uso contínuo devem estar situadas nos seguintes intervalos:

- a) base asfáltica: -20 °C a 50 °C;
- b) base elastomérica: -35 °C a 80 °C.

6.5.3 A consistência deve permitir a aplicação com trincha.

6.5.4 O tempo máximo de cura para o adesivo polimérico deve ser de 10 min.

6.5.5 O ponto de amolecimento do adesivo de base asfáltica, determinado pela ASTM [D36/D36M](#), deve estar situado entre 50 °C e 110 °C.

6.5.6 O tempo máximo de endurecimento do adesivo de base asfáltica, após a remoção da fonte de calor, deve ser de 5 min.

6.5.7 O ponto de fulgor do adesivo de base asfáltica, determinado pela ASTM [D92](#), deve ser de 150 °C.

6.5.8 O adesivo não deve amolecer ou perder a adesividade na faixa de temperatura de uso contínuo.

## 6.6 Tela de Reforço Hexagonal de Arame

Constituída de arame de diâmetro 0,56 mm a 0,86 mm (BWG 24 a 20), malha de 12 mm ou 25 mm, material de aço-carbono SAE 1 010 ou 1 020 galvanizado, de acordo com a ASTM [A390](#), *Class 1*, ou aço inoxidável conforme ASTM [A492](#), tipo 304 ou 316.

## 6.7 Feltro Asfáltico

Material constituído por fibras minerais ou vegetais, impregnado com asfalto até a saturação. O feltro asfáltico deve ser de textura lisa.

NOTA No caso de feltro de fibras minerais, pode ser utilizado reforço de filme de polietileno, fibra de vidro, fibra de poliéster ou combinações de mais de um material.

## 6.8 Revestimento de Proteção

### 6.8.1 Chapa de Alumínio

A classificação e as características exigíveis são:

- a) classe A (chapa lisa), tipo I (com barreira contra condensação), com largura de 1 000 mm ou 1 200 mm e espessuras de 0,5 mm, 0,8 mm ou 1 mm;
- b) classe A (chapa lisa), tipo II (sem barreira contra condensação), com largura de 1 000 mm ou 1 200 mm e espessuras de 0,5 mm, 0,8 mm ou 1 mm;
- c) classe B (chapa corrugada), tipo I (com barreira contra condensação), com largura de 910 mm, amplitude de corrugação de 8 mm  $\pm$  10 %, altura de corrugação de 1,1 mm  $\pm$  10 % e espessuras de 0,15 mm ou 0,40 mm;
- d) classe B (chapa corrugada), tipo II (sem barreira contra condensação), com largura de 910 mm, amplitude de corrugação de 8 mm  $\pm$  10 %, altura de corrugação de 1,1 mm  $\pm$  10 % e espessuras de 0,15 mm ou 0,40 mm.

6.8.1.1 A barreira contra condensação deve ser do tipo asfáltico: constituindo-se de 2 folhas de papel tipo "Kraft" puro, virgem, de 40 g/m<sup>2</sup> por folha, entre as quais é aplicada camada de asfalto com ponto de amolecimento mínimo de 80 °C neutralizado, na quantidade de 30 g/m<sup>2</sup>.

6.8.1.2 As chapas de alumínio devem ser nas ligas 3 003 ou 5 005 (têmpera H14 ou H16), conforme especificação ABNT [NBR 7556](#).

### 6.8.2 Chapa de Aço-Carbono Zincada e Pré-Pintada

6.8.2.1 A chapa-base deve estar de acordo com as ABNT [NBR 7008-2](#), grau ZC, revestimento Z275 e acabamento de superfície do tipo cristal Normal (N) com qualidade "Superfície 2". A espessura da chapa deve ser de 0,30 mm a 0,50 mm. O sistema de pintura deve ter as características conforme a Tabela 4.



Tabela 4 - Sistema de Pintura

| Propriedades                           | Valor   | Norma   |
|--|---|---|
| Resistência ao intemperismo            | 960 h   | ASTM <a href="#">D4141</a>                              |
| Resistência na câmara salina           | 1 000 h                                       | ABNT <a href="#">NBR 8094</a>                           |
| Resistência ao impacto                 | 160 in lb (sem fratura)                       | ASTM <a href="#">D2794</a>                              |
| Resistência ao SO <sub>2</sub>         | 5 rondas                                      | ABNT <a href="#">NBR 8096</a>                           |
| Resistência a umidade/condensação      | 960 h   | ASTM <a href="#">D2247</a>                              |
| Dureza superficial                     | Mínimo 130 “könig”                            | ISO <a href="#">1522</a>                                |
| Flexibilidade de dobrar sobre si mesma | 20 % a 30 % do alongamento                    | ASTM <a href="#">D522</a>                               |
| Adesão                                 | 60 % (face branca)<br>mínimo grau 4, método B | ASTM <a href="#">D523</a><br>ASTM <a href="#">D3359</a> |

6.8.2.2 A chapa deve ser pintada de branco em uma das faces.

### 6.8.3 Telha de Alumínio

#### 6.8.3.1 Tipo Trapezoidal

Telha de alumínio nas ligas 3 003 ou 5 005 (H14 ou H16), conforme ASTM [B209](#), tipo trapezoidal, com largura de 1 056 mm, comprimento de 3 140 mm, espessura de 0,8 mm, pesando 2,565 kg/m<sup>2</sup>.

#### 6.8.3.2 Tipo Ondulada

Telha de alumínio em liga 3 003 ou 5 005 (H14 ou H16), conforme ASTM [B209](#), tipo ondulada, com largura de 1 120 mm, comprimento de 3 000 mm. Espessura de 0,8 mm, passo de 76 mm e altura de onda de 17 mm.

### 6.8.4 Tubo Rígido

#### 6.8.4.1 Alumínio Extrudado

Conforme ABNT [NBR 7000](#).

#### 6.8.4.2 Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

Conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Características do Polietileno

| Propriedades  | Condições      | Unidades           | Valores       | Método de ensaio      |
|---|----------------|--------------------|---------------|-----------------------|
| Massa específica aparente   | -              | g/cm <sup>3</sup>  | 0,918 a 0,938 | ASTM D1505            |
| Teor de negro de fumo (ver Nota 1)  | -              | %                  | 2,0 a 2,8     | ASTM D4218            |
| Dispersão de negro de fumo (ver Nota 1)   | -              | padrão fotográfico | fotos a ou b  | ABNT<br>NBR ISO 18553 |
| Coefficiente de absorção UV (Ultravioleta) (ver Nota 1)   | -              | Abs/cm             | ≥ 3 000       | ASTM D3349            |
| Índice de fluidez   | 190 °C/2,16 kg | g/10 min           | 0,13 a 0,55   | ASTM D1238            |
| Tensão de ruptura (ver Nota 2)  | a 23 °C        | MPa                | > 10          | ASTM D638             |
| Tensão de deformação (ver Nota 2)   | a 23 °C        | MPa                | > 9,7         | ASTM D638             |
| Alongamento à ruptura (ver Nota 2)  | a 23 °C        | %                  | > 500         | ASTM D638             |
| Dureza  | -              | "Shore" D          | > 45          | ASTM D2240            |
| Temperatura de amolecimento Vicat (VST)   | -              | °C                 | > 90          | ASTM D1525            |
| NOTA 1 Testes exigidos apenas para tubulações expostas por mais de 6 meses a radiações ultra-violeta. |                |                    |               |                       |
| NOTA 2 Corpo-de-prova tipo IV com velocidade de tracionamento de 50 mm/min.                           |                |                    |               |                       |

#### 6.8.4.3 Plástico Reforçado com Fibra de Vidro

O plástico reforçado deve apresentar as características conforme a Tabela 6.

Tabela 6 - Características do Plástico Reforçado com Fibra de Vidro

| Propriedades  | Valor  | Norma  |
|---|--|--|
| Flamabilidade   | Tempo de queima < 10 s<br>Extensão de queima < 15 mm   | ASTM D635  |
| Absorção de água  | Aumento de massa < 0,1 g / 100 cm <sup>2</sup>   | ASTM D570  |
| Resistência a fluidos inorgânicos (HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> , NaOH)     | Aumento de massa < 0,1 g / 100 cm <sup>2</sup>   | ASTM D543  |
| Resistência a fluidos orgânicos (álcool etílico, ácido acético glacial, gasolina amarela, querosene, etilenoglicol) | Aumento de massa < 0,5 g / 100 cm <sup>2</sup>   | ASTM D543  |
| Envelhecimento - 1 000 h  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— não deve sofrer alteração superficial (trincas, manchas, delaminação, amarelamento ou exposição das fibras) após 1 000 h de exposição;</li> <li>— variação do índice de amarelecimento ≤ +30;</li> <li>— redução do brilho especular ≤ 15 UB (brilho especular referencial do material ≥ 60 UB);</li> <li>— resistência a flexão após 1 000 h de envelhecimento; máximo 20 % abaixo em relação a amostra antes do envelhecimento (valor referencial de 120 MPa).</li> </ul> | ASTM G155<br>ASTM D2244<br>ASTM E313<br>ASTM D523<br>ASTM D790 |

### 6.8.5 Curva ou Tê conformados (reposicionar em item específico para acidentes em alumínio)

6.8.5.1 Curva de 90° (raios longo ou curto) ou 45° (raio longo) bipartida, para diâmetros entre NPS 1/2 a 12, construída em chapa de alumínio lisa (conformada) de 0,6 mm de espessura, conforme ASTM [C1729](#) *Grade 3* (liga 1 100 recozida), *Type I* (sem acabamento superficial externo) ou *Type III* (revestido com tinta sem pigmento), *Class D* (com barreira de vapor pintada).

6.8.5.2 Tê bipartido, construído em chapa de alumínio lisa (conformada) de 0,6 mm de espessura, conforme ASTM [C1729](#) *Grade 3* (liga 1 100 recozida), *Type I* (sem acabamento superficial) ou *Type III* (revestido com tinta sem pigmento), *Class D* (com barreira de vapor pintada).

### 6.9 Asfalto Oxidado

O asfalto oxidado deve apresentar as características conforme a Tabela 7.

**Tabela 7 - Características de Asfalto Oxidado**

| Propriedades                        | Valor                                  | Norma                             |
|-------------------------------------|--|-----------------------------------|
| Ponto de amolecimento (anel bola)   | de 75 °C a 100 °C                      | ASTM <a href="#">D36/D36M</a>     |
| Ponto de fulgor                     | 220 °C (mínimo)                        | ASTM <a href="#">D92</a>          |
| Dutibilidade, a 25 °C               | 3 cm (mínimo)                          | ASTM <a href="#">D113</a>         |
| Solubilidade no tricloroetileno     | 99 % (mínimo)                          | ASTM <a href="#">D2042</a>        |
| Perda por aquecimento a 163 °C, 5 h | 0,3 %                                  | ASTM <a href="#">D1754/D1754M</a> |
| Densidade                           | de 1,01 a 1,05                         | ASTM <a href="#">D71</a>          |
| Penetração tomada 25 °C, 100 g, 5 s | de 20 décimos de mm a 40 décimos de mm | ASTM <a href="#">D5/D5M</a>       |

### 6.10 Pedrisco Grosso

Diâmetro compreendido entre 2,00 mm e 4,80 mm, isento de substâncias que possam alterar o aspecto estético das chapas de proteção do isolante do costado. Exemplo: compostos ferrosos.

### 6.11 Papel “Kraft” Betumado

Deve apresentar densidade de 110 g/m<sup>2</sup> e ser composto por 2 folhas de 40 g/m<sup>2</sup> entremeadas com betume 30 g/m<sup>2</sup>.

## 7 Acessórios

### 7.1 Arame de Fixação

7.1.1 Arame de aço galvanizado conforme ABNT [NBR 5589](#), macio, com diâmetro nominal de 1,25 mm (BWG 18), camada leve de zinco, de acordo com a ABNT [NBR 6331](#).

7.1.2 Arame de aço inoxidável conforme ABNT [NBR 5601](#), tipo 304 ou 316, com diâmetro de 1,20 mm e dureza Brinell máxima de 180 HB.

## 7.2 Cinta e Fita de Fixação

7.2.1 Cinta de tira relaminada de aço de baixo teor de carbono, conforme a ABNT [NBR 5007](#), grau G3, classe RL, superfície C, acabamento fosco, espessura de 0,50 mm, largura de 12,7 mm, galvanizada conforme a ABNT [NBR 6323](#), espessura média de revestimento de 50 µm (350 g/m<sup>2</sup>).

7.2.2 Cinta de tira de alumínio em liga 3 003 ou 5 005, conforme a ASTM [B209](#), dureza H-14 a H-19, nas larguras de 12,7 mm ou 19 mm e com espessura de 0,50 mm.

7.2.3 Cinta de tira de aço inoxidável tipo 304 ou 316, conforme a ASTM [A480/A480M](#), na largura de 12,7 mm ou 19 mm e com espessura de 0,50 mm.

7.2.4 Fita adesiva filamentosa de poliéster reforçada com filamentos de “rayon”, largura de 25 mm, espessura de 0,24 mm, com adesão em chapa de aço inoxidável de 1 kgf/25 mm, resistência à tração de 60 kgf/25 mm mínima e alongamento na ruptura máximo de 30 %.

7.2.5 Fita de espuma acrílica coberta em ambas as faces com adesivo acrílico e filme de polietileno para proteger a camada adesiva. Dimensões básicas: largura 25 mm, espessura 1,2 mm e densidade 770 kg/m<sup>3</sup>.

## 7.3 Mola

### 7.3.1 Mola Tipo Senoidal

Mola de aço-carbono SAE 1 050, galvanizado conforme ASTM [A879/A879M](#), comprimento de onda 45 mm, amplitude de onda 25 mm, diâmetro de fio 3 mm, conforme Figura A.1 do Anexo A e com constante de mola 5,2 N/m (0,53 kgf/mm) ± 10 %.

### 7.3.2 Mola Tipo Helicoidal

Mola de aço-carbono SAE 1 050, galvanizado, conforme ASTM [A879/A879M](#), ou inoxidável 304 ou 316, diâmetro externo 12,7 mm; diâmetro de fio 2,5 mm; comprimento útil de 152 mm; comprimento total aproximado de 185 mm; constante de mola 7,4 N/m (0,75 kgf/mm) ± 10 %; conforme Figura A.2 do Anexo A.

## 7.4 Selo

7.4.1 Selo de aço-carbono SAE 1010, conforme ASTM [A109/A109M](#), galvanizado, conforme ASTM [B633](#) acabamento Tipo II, espessura da camada de zinco de 12 micrômetros, na largura de 12,7 mm e com espessura de 1,0 mm, conforme Figura A.3 do Anexo A.

7.4.2 Selo de alumínio em liga 3 003 ou 5 005, conforme ASTM [B209](#), dureza H-14 a H-19 nas larguras de 12,7 mm ou 19 mm e com espessura de 1,0 mm, conforme Figura A.3 do Anexo A.

7.4.3 Selo de aço inoxidável tipo 304 ou 316, conforme as ASTM [A167](#) e [A480](#), na largura de 12,7 mm ou 19 mm e com espessura de 1,0 mm, conforme Figura A.3 do Anexo A.

## 7.5 Parafuso

7.5.1 Parafuso auto-roscante tipo A de alumínio em liga 6062, conforme ASTM [B209](#), dureza T.6 ou duralumínio 2023, diâmetro 1/8", comprimento de 1/2", cabeça sextavada com fenda.

7.5.2 Parafuso auto-roscante tipo A de aço inoxidável tipo 304 ou 316 ou aço-carbono galvanizado ou revestido com zinco-níquel (conforme ASTM [B841](#), Classe I, tipo B/E, Gr. 5 a 8, com alívio de tensões e de hidrogênio, conforme ASTM [B849](#) e [B850](#)), diâmetro 1/8", comprimento de 1/2", cabeça panela com fenda.

7.5.3 Parafuso auto-roscante tipo A de aço inoxidável tipo 304 ou 316 ou aço-carbono galvanizado ou revestido com zinco-níquel (conforme ASTM [B841](#), Classe I, tipo B/E, Gr. 5 a 8 com alívio de tensões e de hidrogênio, conforme ASTM [B849](#) e [B850](#)), diâmetro 3/16", comprimento de 3/4", cabeça sextavada com fenda, arruelado.

## 7.6 Arruela

7.6.1 Arruela lisa em aço inoxidável tipo 304 ou 316 ou aço-carbono galvanizado ou revestido com zinco-níquel (conforme ASTM [B841](#), Classe I, tipo B/E, Gr. 5 a 8 com alívio de tensões e de hidrogênio, conforme ASTM [B849](#) e [B850](#)), para parafuso de 3/16", diâmetro externo de 7/8", diâmetro interno de 7/32" e espessura de 1/16".

7.6.2 Arruela lisa, em borracha (neoprene ou similar) para parafuso de 3/16", diâmetro externo 7/8", diâmetro interno 7/32" e espessura 1/8".

7.6.3 Arruela lisa em aço inoxidável tipo 304 ou 316 ou aço-carbono galvanizado ou revestido com zinco-níquel (conforme ASTM [B841](#), Classe I, tipo B/E, Gr. 5 a 8 com alívio de tensões e de hidrogênio, conforme ASTM [B849](#) e [B850](#)), para parafuso de 1/8", diâmetro externo de 5/8", diâmetro interno de 5/32" e espessura de 3/64".

## 7.7 "Clip"

7.7.1 "Clip" em "S", de alumínio em liga 3 003 ou 5 005, conforme ASTM [B209](#), dureza H-14 a H-19, com espessura de 0,50 mm, conforme a Figura A.5 do Anexo A.

7.7.2 "Clip" em "J", de alumínio em liga 3 003 ou 5 005, conforme ASTM [B209](#), dureza H-14 a H-19, com espessura de 0,50 mm, conforme Figura A.5 do Anexo A.

7.7.3 "Clip" de pressão em aço-carbono SAE 1 010, lisa, com espessura de 1 mm, quadrado nas dimensões 38 mm x 38 mm ou redondo de diâmetro 38 mm, para pinos de diâmetro 3/16" galvanizado ou revestido com zinco-níquel (conforme ASTM [B841](#), Classe I, tipo B/E, Gr. 5 a 8 com alívio de tensões e de hidrogênio, conforme ASTM [B849](#) e [B850](#)), conforme Figura A.4 do Anexo A.

## 7.8 Rebite

Rebite aberto ou hermético, de alumínio, com mandris de aço com aba tipo abaulada, diâmetro nominal de 3,2 mm ou 4,0 mm, tipo "pop".

## 7.9 Suporte

7.9.1 Suporte de aço conforme ASTM [A36/A36M](#), para suportação de isolantes rígidos para isolação em tubulações verticais ou com inclinação superior a 45 , conforme Figura A.6 do Anexo A.

7.9.2 Suporte de madeira tratada (tratamento preservativo em autoclave), poliuretano ou poliisocianurato de densidade mínima de 150 kg/m<sup>3</sup> ou plástico de engenharia, para suportação de tubulações e equipamentos a baixa temperatura.

## 7.10 Fecho e Engate Rápido

7.10.1 Fecho e engate rápido de aço-carbono SAE 1010 galvanizado, conforme ASTM [A109/A109M](#), espessura da camada de zinco de 12  m, acabamento tipo II, de acordo com a ASTM [B633](#), conforme Figura A.7 do Anexo A. **[Prática Recomendada]**

7.10.2 Fecho e engate rápido de alumínio em liga 3003 ou 5005, conforme ASTM [B209](#), dureza H-14 a H-19, conforme Figura A.8 do Anexo A. **[Prática Recomendada]**

7.10.3 Fecho e engate rápido de aço inoxidável tipo 304 ou 316, conforme a ASTM [A480/A480M](#), conforme Figura A.9 do Anexo A. **[Prática Recomendada]**

## 7.11 Pino de Ancoragem

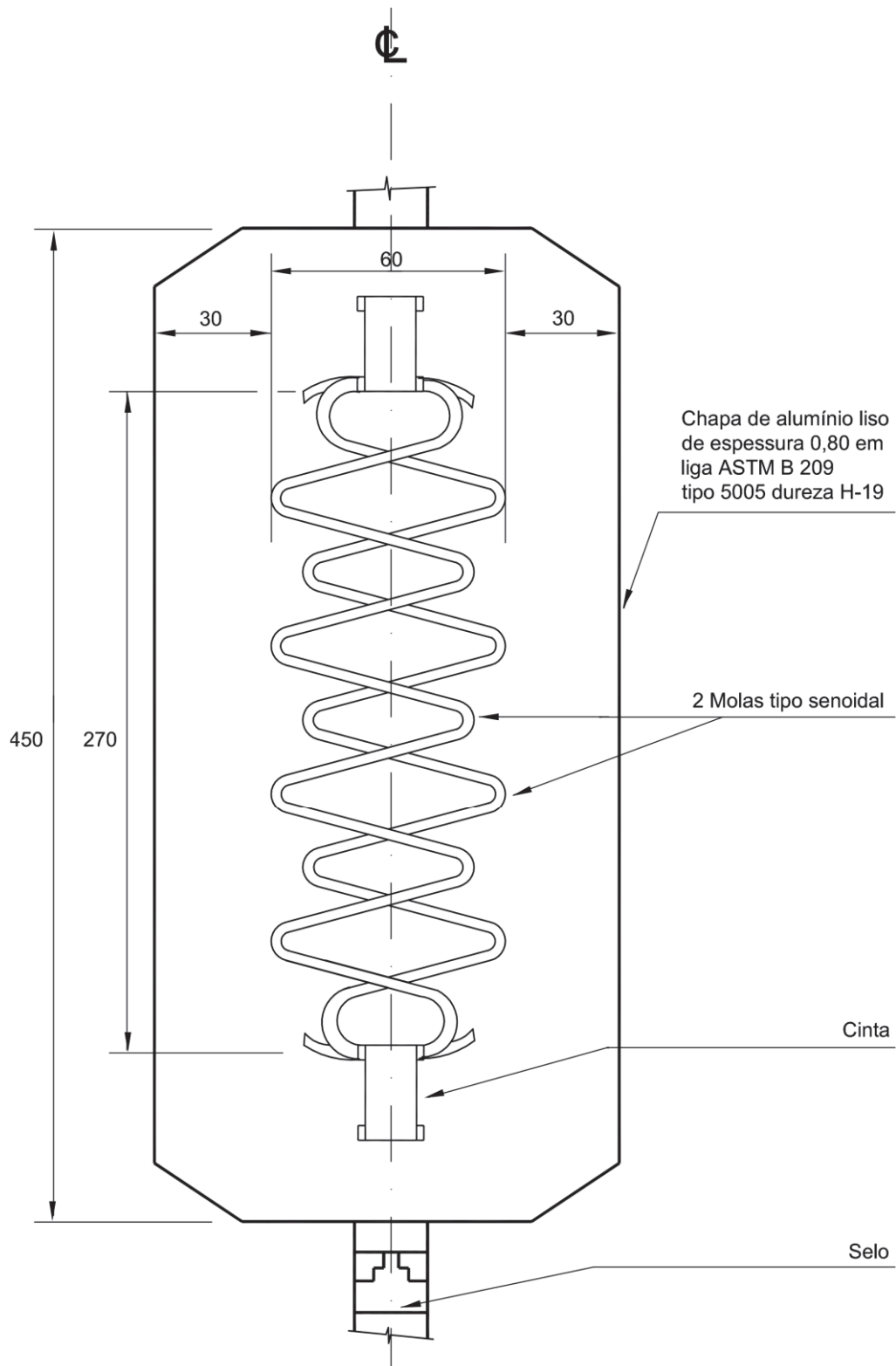
Pino de ancoragem em aço-carbono SAE 1 010, liso, com diâmetro de 3/16", conforme Figura A.11 do Anexo A.

## 7.12 Caixas e Janelas de Inspeção

7.12.1 Caixas para medição periódica de espessura em equipamentos e tubulações, construídas com chapa de alumínio, conforme Figura A.10.1 do Anexo A.

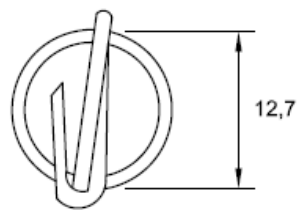
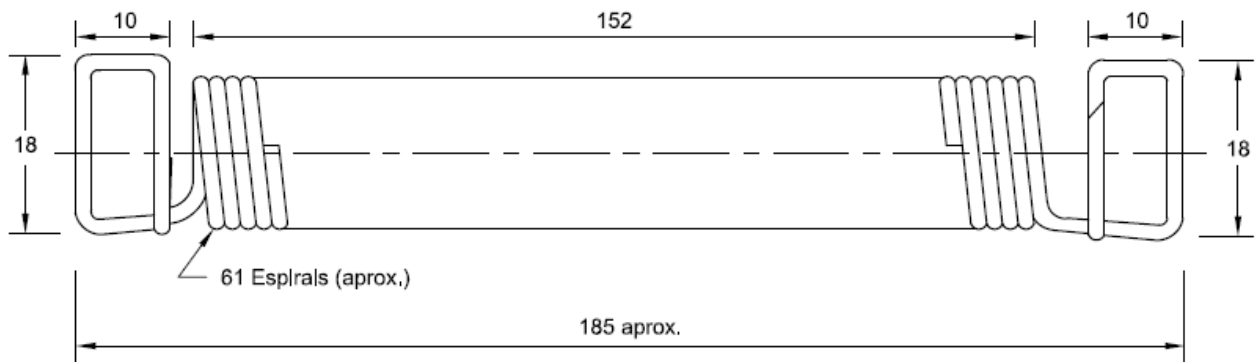
7.12.2 Janelas para medição periódica de espessura em equipamentos e tubulações, compostas por aro flangeado de alumínio, plug de silicone e cabo de aço-carbono galvanizado, conforme modelo da Figura A.10.2 do Anexo A. O acesso para inspeção deve ter abertura mínima de 100 mm de diâmetro e o plug de silicone deve ser adequado para uso contínuo a 250  C e suportar a exposição prolongada ao sol (resistente a raios ultravioleta).

**Anexo A – Figuras**



NOTA Dimensões em milímetros.

**Figura A.1 - Mola Tipo Senoidal**

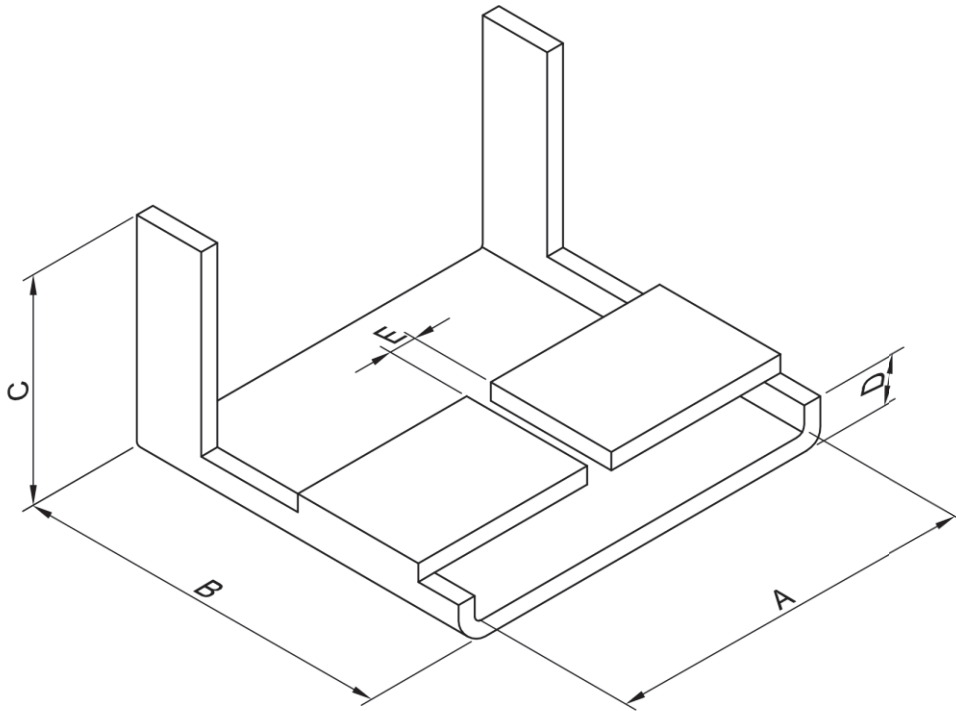


Vista lateral

NOTA Dimensões em milímetros.

**Figura A.2 - Mola Tipo Helicoidal**

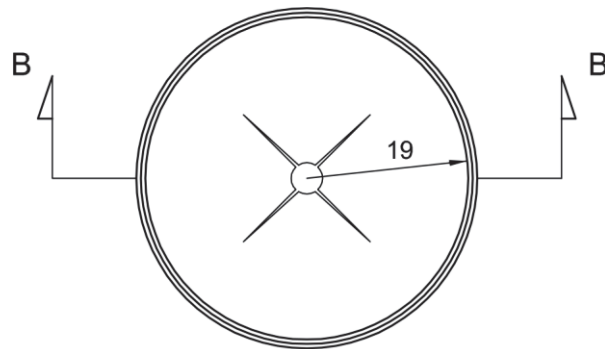




| Selo | A  | B  | C  | D | E |
|------|----|----|----|---|---|
| 1/2" | 13 | 22 | 10 | 4 | 1 |
| 3/4" | 21 | 22 | 14 | 4 | 1 |

NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

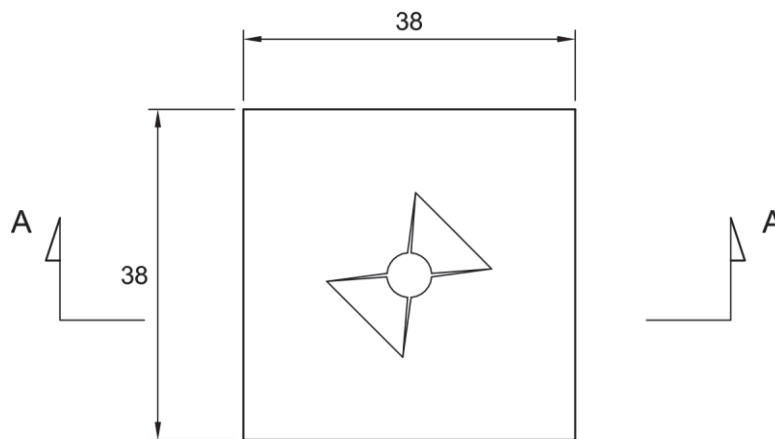
**Figura A.3 – Selo**



Tipo I



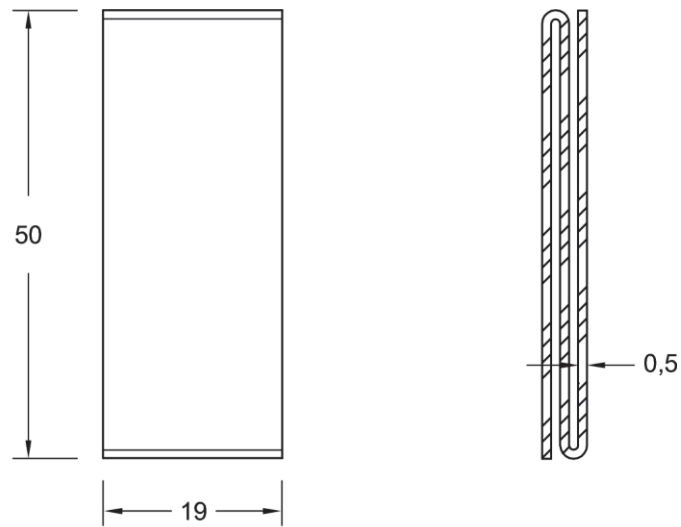
Corte A-A



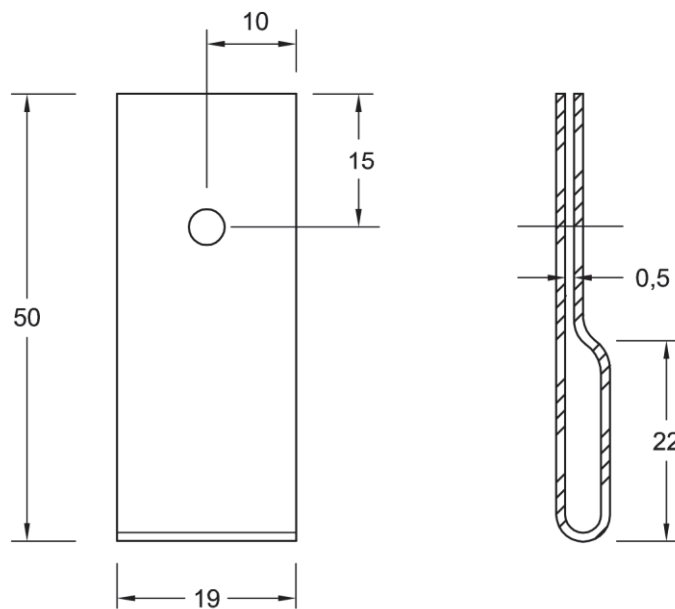
Tipo II

NOTA Dimensões em milímetros.

**Figura A.4 - “Clip” de Pressão**



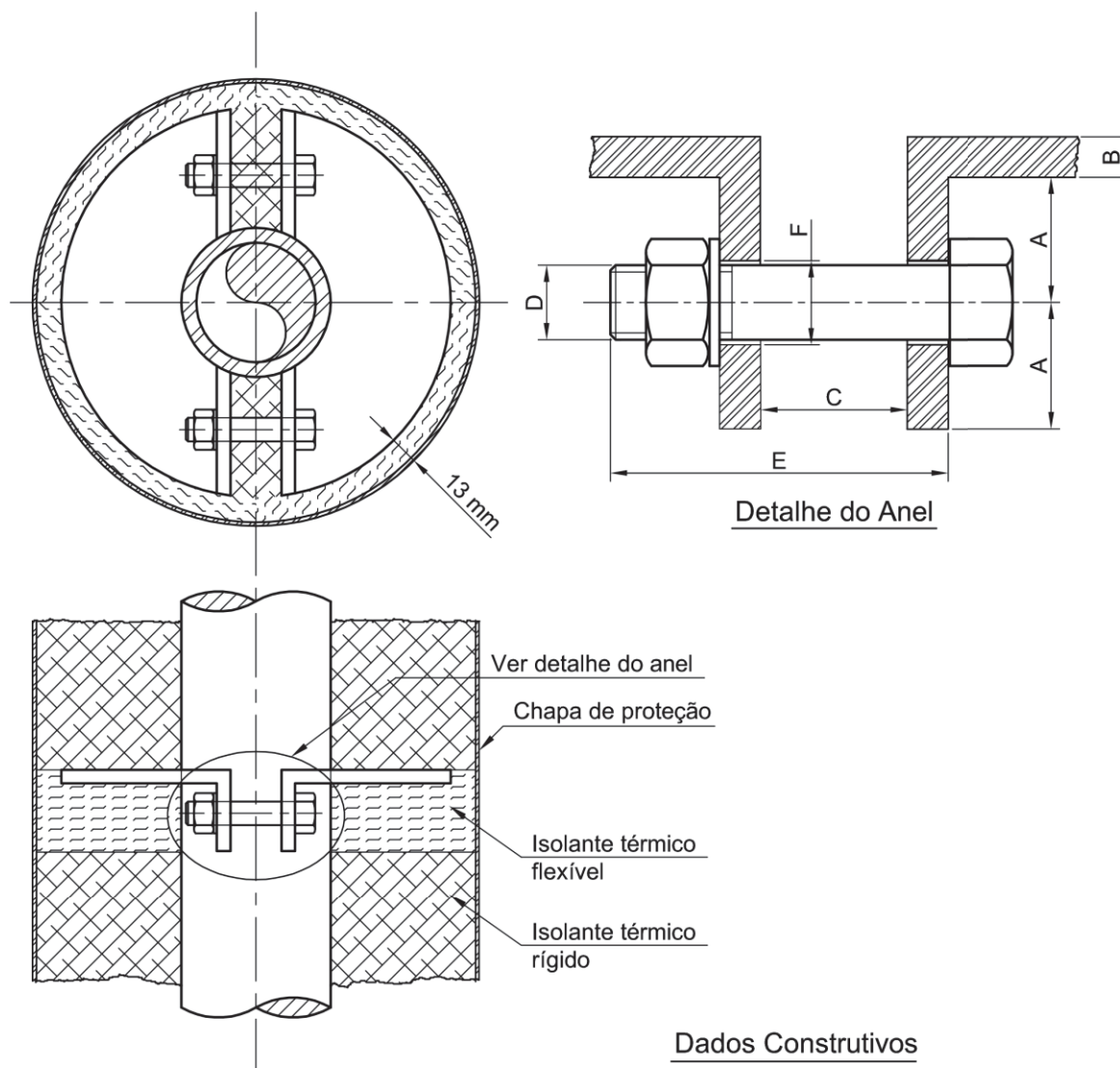
a) Clip em "S"



b) Clip em "J"

NOTA Dimensões em milímetros.

**Figura A.5 - "Clip"**



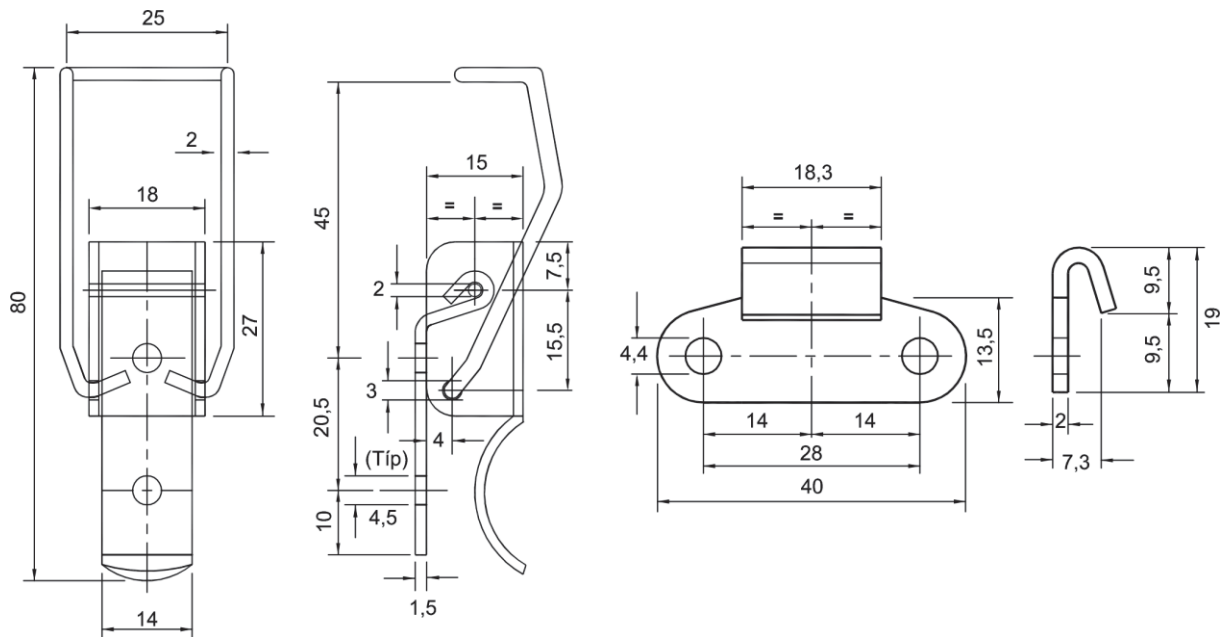
**Dados Construtivos**

| Diâmetro nominal<br>tubulação | Diâm. inter.<br>anel<br>mm | A<br>mm | B<br>mm | C<br>mm | D<br>mm | E<br>mm | F<br>mm |
|-------------------------------|----------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1/2                           | 22                         | 12,7    | 3,2     | 3,2     | 6,4     | 25,4    | 9,5     |
| 3/4                           | 27                         | 12,7    | 3,2     | 3,2     | 6,4     | 25,4    | 9,5     |
| 1                             | 33                         | 12,7    | 3,2     | 3,2     | 6,4     | 25,4    | 9,5     |
| 1 1/2                         | 49                         | 12,7    | 3,2     | 3,2     | 6,4     | 25,4    | 9,5     |
| 2                             | 60                         | 19      | 4,7     | 4,7     | 9,5     | 31,7    | 12,7    |
| 3                             | 89                         | 19      | 4,7     | 4,7     | 9,5     | 31,7    | 12,7    |
| 4                             | 114                        | 19      | 4,7     | 4,7     | 9,5     | 31,7    | 12,7    |
| 6                             | 168                        | 19      | 4,7     | 4,7     | 9,5     | 31,7    | 12,7    |
| 8                             | 219                        | 25,4    | 6,4     | 6,4     | 12,7    | 38,1    | 15,8    |
| 10                            | 273                        | 25,4    | 6,4     | 6,4     | 12,7    | 38,1    | 15,8    |
| 12                            | 323                        | 25,4    | 6,4     | 6,4     | 12,7    | 38,1    | 15,8    |
| 14                            | 355                        | 25,4    | 6,4     | 6,4     | 12,7    | 38,1    | 15,8    |
| 16                            | 408                        | 25,4    | 6,4     | 6,4     | 12,7    | 38,1    | 15,8    |
| 18                            | 457                        | 25,4    | 6,4     | 6,4     | 12,7    | 38,1    | 15,8    |
| 20                            | 508                        | 25,4    | 6,4     | 6,4     | 12,7    | 38,1    | 15,8    |
| 22                            | 558                        | 25,4    | 6,4     | 6,4     | 12,7    | 38,1    | 15,8    |

**Espaçamento dos Suportes**

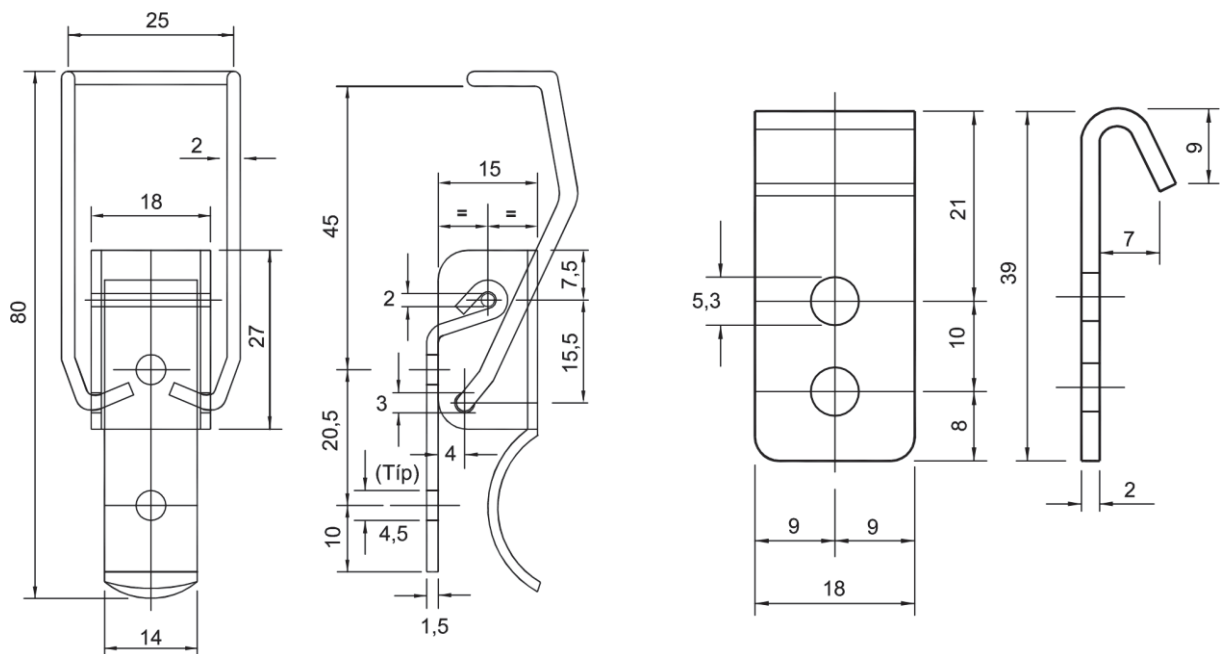
| Temperatura<br>do tubo (°C) | Espaçamento<br>entre suportes<br>(N° de calhas) |
|-----------------------------|---|
| Até 100                     | 8   |
| 101 a 200                   | 5   |
| 201 a 260                   | 4   |
| 261 a 370                   | 3   |
| 371 a 650                   | 2   |
| Acima de 650                | 1   |

**Figura A.6 - Suporte para Isolamentos de Tubulações Verticais ou com Inclinação Superior a 45°**



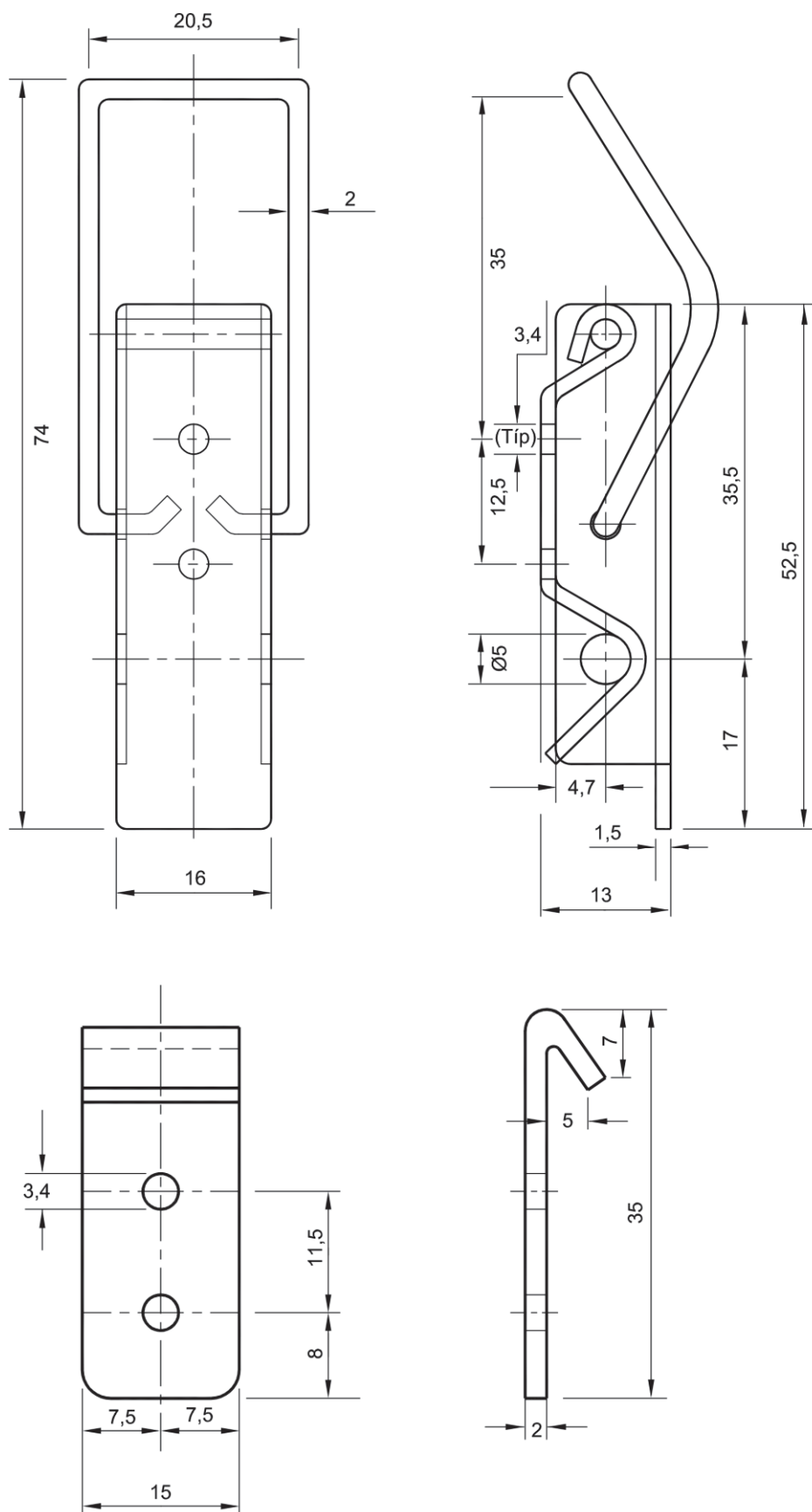
NOTA Dimensões em milímetros.

**Figura A.7 - Fecho e Engate Rápido de Aço Carbono Galvanizado**



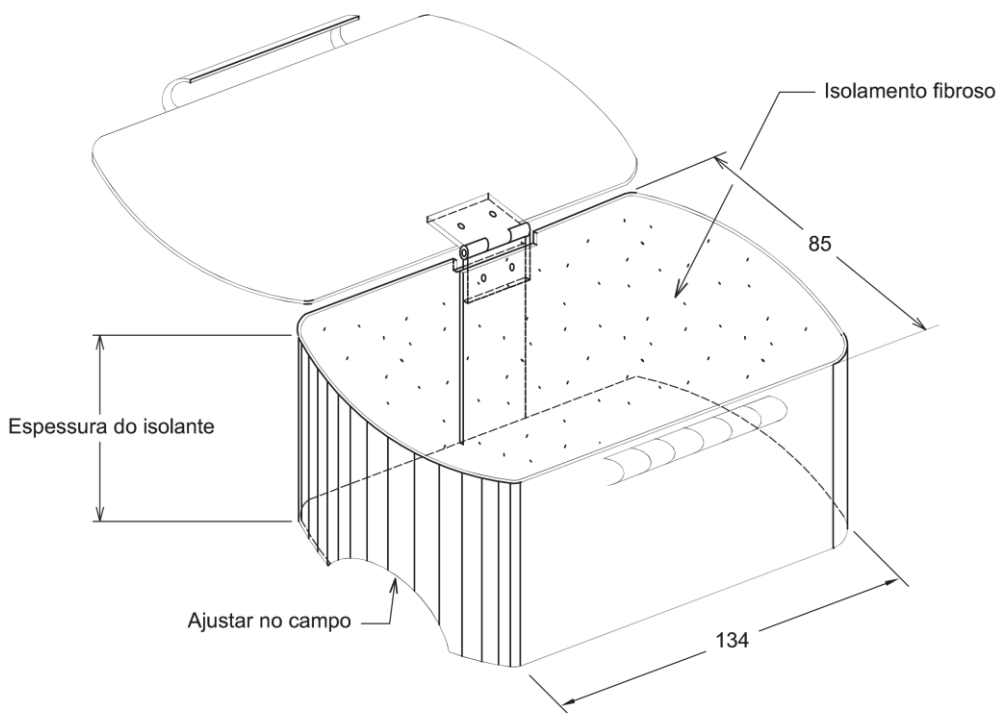
NOTA Dimensões em milímetros.

**Figura A.8 - Fecho e Engate Rápido de Alumínio**

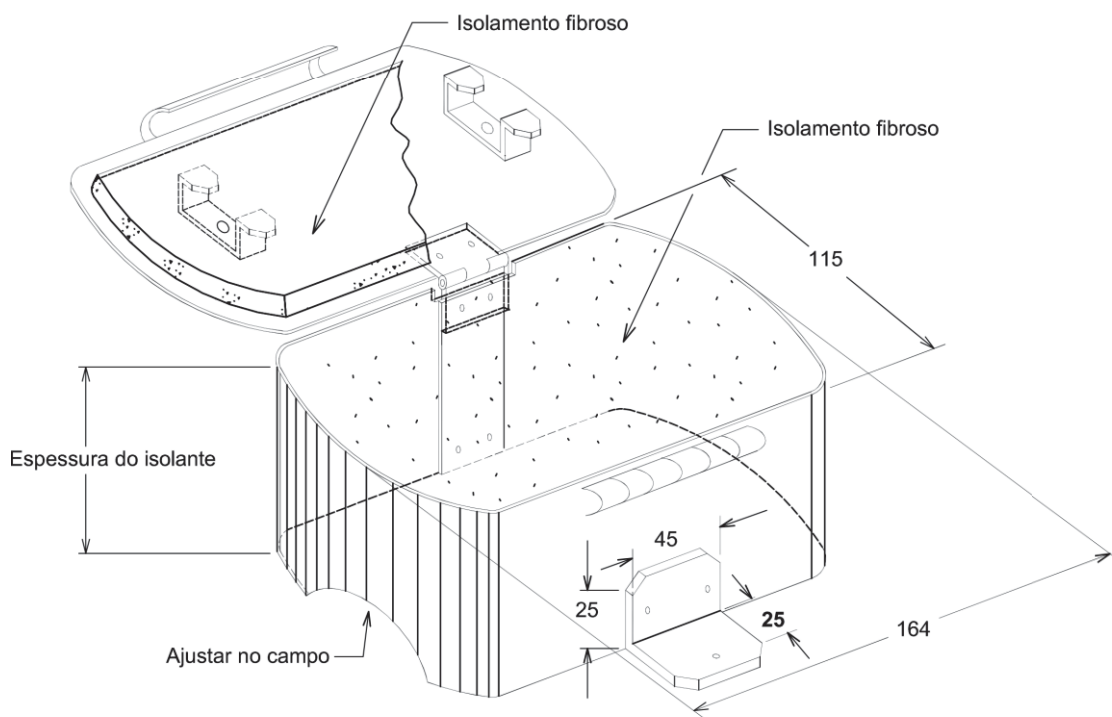


NOTA Dimensões em milímetros.

**Figura A.9 - Fecho e Engate Rápido de Aço Inoxidável**



Caixa para medição de espessura em tubulação com diâmetro nominal até 2 1/2".



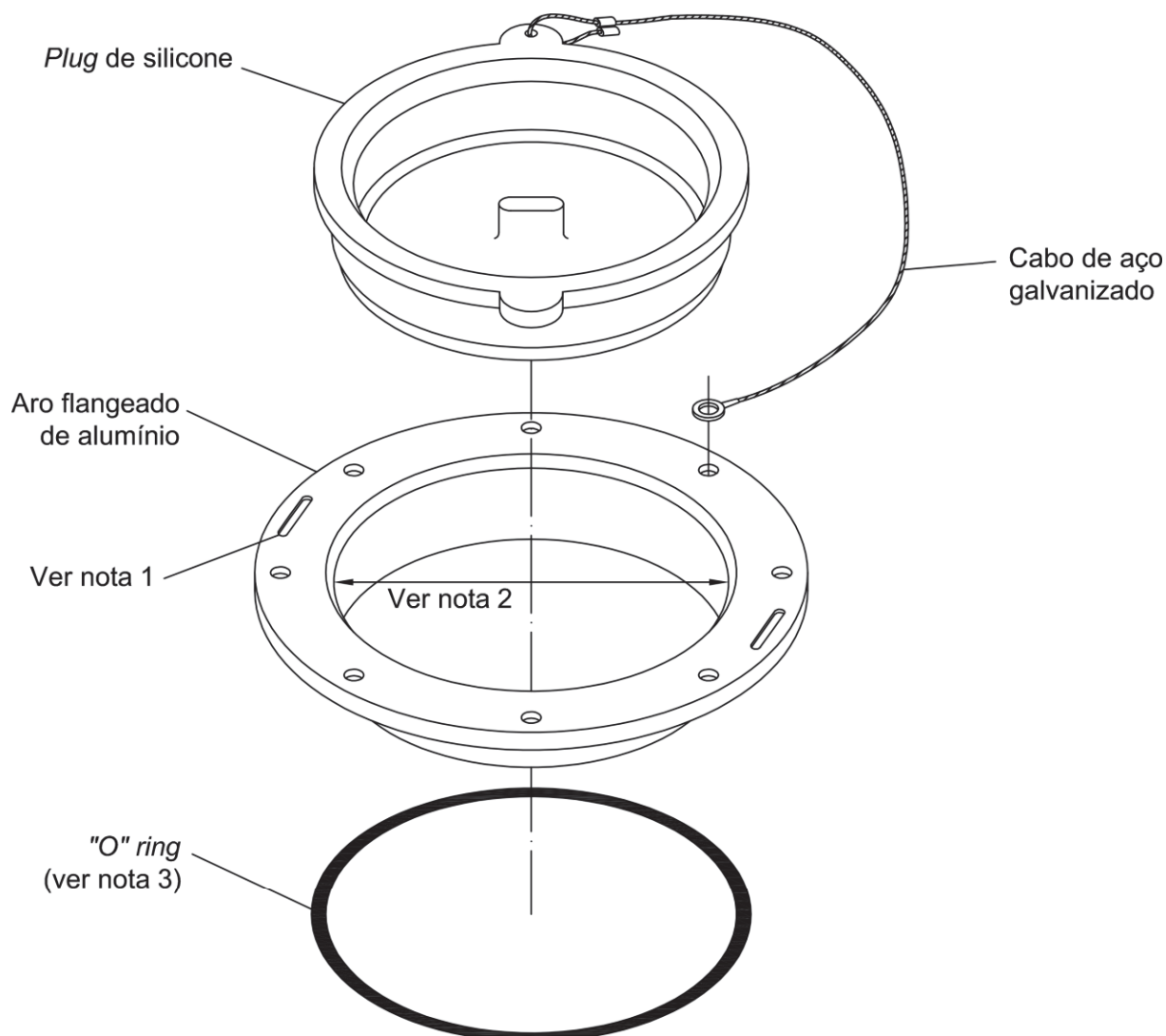
Caixa para medição de espessura em tubulação com diâmetro nominal a partir de 3".

NOTA 1 Chapa de alumínio de 1 mm de espessura.

NOTA 2 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

**Figura A.10.1 - Caixas de Inspeção**

**Figura A.10 - Caixas e Janelas de Inspeção**



NOTA 1 Furo oblongo para fixação da janela de inspeção por meio de cinta de 12,7 mm.

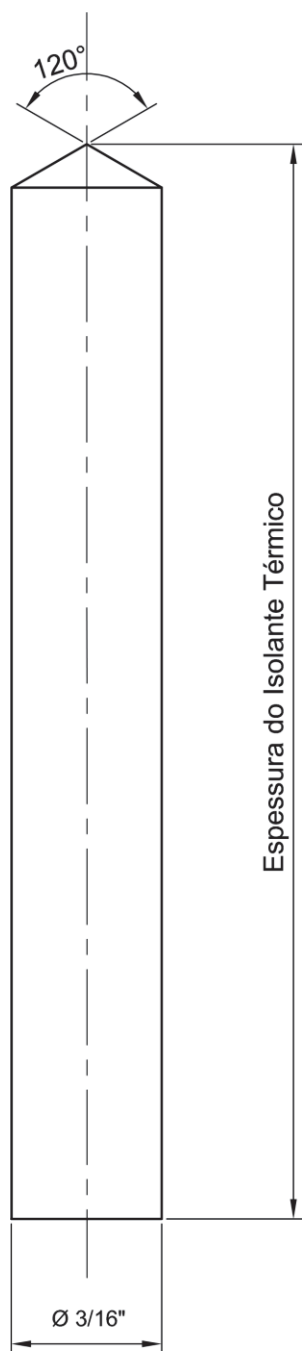
NOTA 2 Abertura mínima de 100 mm.

NOTA 3 Opcionalmente pode ser fornecido com "O" ring para vedação.

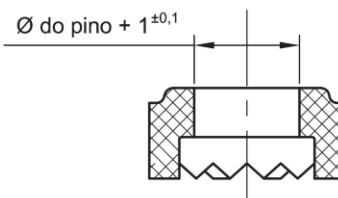
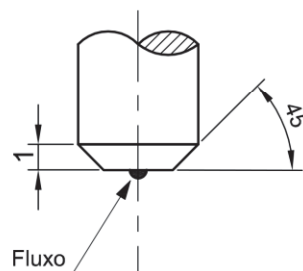
**Figura A.10.2 - Janelas de Inspeção**

**Figura A.10 - Caixas e Janelas de Inspeção**





Extremidade do pino para "stud welding"



Cerâmica

(ver Nota 4)

- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
- NOTA 2 Pino de ancoragem em aço-carbono SAE 1010.
- NOTA 3 Tolerância geral:  $\pm 5\%$ , salvo indicação em contrário.
- NOTA 4 O pino de ancoragem, quando soldado por "Stud Welding", deve ser fornecido junto com a cerâmica.

**Figura A.11 - Pino de Ancoragem**

