

CONTEC

Comissão de Normalização
Técnica

SC-09

Isolamento Térmico e
Refratários

Concreto Refratário

Revalidação

Revalidada em 04/2022.

Concreto Refratário

Procedimento

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 aplicação interna na PETROBRAS e Subsidiárias, devendo ser usada pelos seus fornecedores de bens e serviços, conveniados ou similares conforme as condições estabelecidas em Licitação, Contrato, Convênio ou similar.

A utilização desta Norma por outras empresas/entidades/órgãos governamentais e pessoas físicas é de responsabilidade exclusiva dos próprios usuários."

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.

CONTECComissão de Normalização
Técnica**SC - 09**

Isolamento Térmico e Refratários

1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a aquisição de concretos e plásticos refratários, bem como dos dispositivos de ancoragem e dos materiais complementares.

1.2 Esta Norma se aplica a procedimentos iniciados a partir da data de sua edição e também a equipamentos já existentes, quando de seu reparo 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-1890](#) - Revestimentos Internos de Fibra de Cerâmica;

ABNT [NBR 8385](#) - Materiais Refratários Não Conformados - Determinação da Variação Linear Dimensional Permanente;

ABNT [NBR 8826](#) - Materiais refratários - Terminologia;

ABNT [NBR 10237](#) - Materiais Refratários - Classificação;

ABNT [NBR 11221](#) - Materiais Refratários não-Conformados - Determinação da Densidades Aparente;

ABNT [NBR 11222](#) - Materiais Refratários Densos Não-Conformados - Determinação das Resistências à Flexão e à Compressão à Temperatura Ambiente;

ABNT [NBR 12856](#) - Fornecimento de Materiais Refratários;

ABNT [NBR 13185](#) - Materiais Refratários Densos - Determinação da Resistência à Erosão à Temperatura Ambiente;

ABNT [NBR 13320](#) - Materiais refratários - Determinação da Fluidez de Concretos Refratários Convencionais e Concretos de Fluência Livre;

ABNT [NBR 14725-4](#) - Produtos Químicos - Informações sobre Segurança, Saúde e Meio Ambiente - Parte 4: Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ);

ABNT [NBR ISO 8656-1](#) - Produtos Refratários - Amostragem de Matérias-Primas e Produtos Não Conformados - Parte 1: Esquema de Amostragem;

ABNT [NBR ISO 12677](#) - Análise Química de Produtos Refratários por Fluorescência de Raios X (XRF) - Método do Corpo de Prova Fundido;

API [STD 936](#) - Refractory Installation Quality Control-Inspection and Testing Monolithic Refractory Linings and Materials;

ASTM [A240/A240M](#) - Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications;

ASTM [A479/A479M](#) - Standard Specification for Stainless Steel Bars and Shapes for Use in Boilers and Other Pressure Vessels;

ASTM [A820/A820M](#) - Standard Specification for Steel Fibers for Fiber-Reinforced Concrete;

ASTM [C113](#) - Standard Test Method for Reheat Change of Refractory Brick;

ASTM [C133](#) - Standard Test Methods for Cold Crushing Strength and Modulus of Rupture of Refractories;

ASTM [C134](#) - Standard Test Methods for Size, Dimensional Measurements, and Bulk Density of Refractory Brick and Insulating Firebrick;

ASTM [C201](#) - Standard Test Method for Thermal Conductivity of Refractories;

ASTM [C401](#) - Standard Classification of Alumina and Alumina-Silicate Castable Refractories;

ASTM [C704/C704M](#) - Standard Test Method for Abrasion Resistance of Refractory Materials at Room Temperature.

3 Termos e Definições

Para os efeitos deste documento aplicam-se os termos e definições da ABNT [NBR 8826](#) e os seguintes.

3.1

concreto refratário

mistura de um ou mais agregados refratários, de granulometrias adequadas, com um ligante de pega hidráulica ou química

3.2

concreto isolante

mistura de cimento refratário com agregados de baixa densidade, obtendo-se uma massa específica aparente final, igual ou inferior a $1\,300\text{ kg/m}^3$, após a secagem a 110 °C

3.3

concreto semi-isolante

mistura de cimento refratário com agregados de baixa e média densidade, obtendo-se uma massa específica aparente final, superior a $1\,300\text{ kg/m}^3$ e igual ou inferior a $1\,700\text{ kg/m}^3$, após a secagem a 110 °C

3.4

concreto denso

mistura de cimento refratário com agregados de alta densidade, obtendo-se uma massa específica aparente final, superior a $1\,700\text{ kg/m}^3$, após a secagem a 110 °C

3.5

plástico refratário

material refratário moldável, pronto para ser aplicado por acomodação e socagem, para reparos ou construções monolíticas

3.6**concreto agulhado**

produto obtido através da adição de agulhas ao concreto refratário

3.7**dispositivos de ancoragem e materiais complementares**

materiais usados na ancoragem de concretos

3.8**agulhas (fibras metálicas)**

agulha metálica adicionada aos concretos refratários com a finalidade de conferir melhoria das propriedades mecânicas, evitando perdas por lascamento e escamação

4 Condições Gerais**4.1 Concretos e Plásticos Refratários**

4.1.1 Os concretos refratários devem ter as propriedades citadas na Tabela A.1 do Anexo A.

NOTA Além das classes especificadas na Tabela A.1, os concretos também podem ser classificados conforme ABNT [NBR 10237](#) e ASTM [C401](#).

4.1.2 Os plásticos refratários devem ser classificados como AL-70, AL-80 e AL-90, conforme ABNT [NBR 10237](#).

4.2 Dispositivos de Ancoragem e Materiais Complementares**4.2.1 Malhas Hexagonais e Articuladas**

4.2.1.1 As malhas hexagonais são apresentadas nas Figuras B.1 e B.2 do Anexo B, devendo ser fabricadas a partir de tiras metálicas, com os materiais conforme ASTM [A240/A240M](#) tipo 304, 304L, 310, 316, 316L ou 410S.

4.2.1.2 A malha articulada é apresentada na Figura B.3 do Anexo B, devendo ser fabricada a partir de tiras metálicas, com os materiais conforme ASTM [A240/A240M](#) tipo 304, 304L, 310, 316, 316L ou 410S.

4.2.2 Grampos e Pinos

4.2.2.1 O pino roscado é apresentado na Figura B.4 e o pino soldado na Figura B.5 do Anexo B, devendo ser fabricado com os materiais conforme ASTM [A240/A240M](#) (chapa) e ASTM [A479/A479M](#) (barra redonda), tipo 304, 304L, 310, 316, 316L ou 410S.

4.2.2.2 Os grampos “V” e “V ondulado” são apresentados nas Figuras B.6 (B.6.1 e B.6.2) e B.8 (B.8.1 a B.8.3), o grampo tridente na Figura B.9 e o grampo “Y” na Figura B.10 do Anexo B, devendo ser fabricados com os seguintes materiais:

- a) conforme a ASTM [A240/A240M](#) (chapa) ou ASTM [A479/A479M](#) (barra redonda) tipo 304, 304L, 310, 316, 316L, 330 ou 410S;
- b) ¹⁾Inconel[®].

NOTA Os materiais da série 300 aplicados em regiões sujeitas à vibração devem ser revenidos (“annealing”), após ter sido feito o dobramento, conforme ASTM [A479/A479M](#), quando for especificado desta forma.

4.2.2.3 O grampo “S” é apresentado na Figura B.11, o grampo “L” na Figura B.12 (B.12.1 e B.12.2), o grampo “Coroa” na Figura B.13, o grampo “C” na Figura B.14, o grampo “Rabo de Andorinha” na Figura B.15 e o grampo “U” na Figura B.16 do Anexo B, devendo ser fabricados com os materiais conforme a ASTM [A240/A240M](#) tipo 304, 304L, 310, 316, 316L ou 410S.

4.2.2.4 O grampo “Estrela” apresentado na Figura B.17 do Anexo B deve ser fabricado com os seguintes materiais conforme a ASTM [A479/A479M](#) tipo 304, 304L, 310, 316, 316L ou 410S.

4.2.3 Âncoras Cerâmicas

Em função da diversidade de aplicações, é requerido projeto específico para âncoras cerâmicas, estando estas exemplificadas na Figura B.7 do Anexo B. Devem ser observados, no mínimo, os seguintes aspectos:

- a) a âncora deve ser de material conformado, similar ao revestimento da face exposta ao meio (face quente), e fornecido sinterizado;
- b) as características químicas, propriedades físicas e térmicas, formato e dimensões devem ser especificados conforme o projeto;
- c) a altura da âncora deve ser igual a espessura total do revestimento; a sua geometria deve levar em conta o método de aplicação do revestimento, para garantir que não haja vazios na interface entre as âncoras e o refratário; todas as reentrâncias das âncoras devem ser feitas com cantos arredondados, de forma que não resultem em concentração de tensões;
- d) a peça metálica de fixação da âncora ao costado do equipamento, deve ser fabricada em ASTM [A240/A240M](#) (chapa) ou ASTM [A479/A479M](#) (barra redonda) tipo 304 ou conforme projeto.

4.2.4 Barras Terminais

As barras terminais devem ter seção retangular, com espessura de 6 mm (1/4”) e largura definida pela espessura do revestimento, devendo ser fabricadas com os materiais conforme ASTM [A240/A240M](#), tipo 304, 304L, 310, 316, 316L ou 410S.

4.2.5 Agulhas (Fibras Metálicas)

4.2.5.1 As agulhas devem ser fornecidas conforme ASTM [A820/A820M](#) e requisitos a seguir:

4.2.5.2 As agulhas podem ser dos seguintes tipos: **[Prática Recomendada]**

- a) “melt extracted”;
- b) arame;
- c) chato.

¹⁾ Inconel é o nome comercial de uma liga metálica fornecido por “Special Metals Corporation”. Esta informação é dada para facilitar aos usuários na utilização desta Norma e não significa uma recomendação do produto citado por parte da PETROBRAS. É possível ser utilizado produto equivalente, desde que conduza a resultado igual.

4.2.5.3 As agulhas devem ser fabricadas em aço inoxidável tipo 304.

4.2.5.4 A área da seção reta da agulha deve estar compreendida entre $0,13 \text{ mm}^2$ e $0,28 \text{ mm}^2$ que corresponde ao diâmetro efetivo de $0,5 \text{ mm} \pm 0,1 \text{ mm}$.

4.2.5.5 As agulhas devem ter comprimento de 22 mm a 25 mm.

4.2.5.6 As agulhas do tipo arame e do tipo chato podem ser onduladas ou de outras formas, desde que adequadas ao método de aplicação adotado. **[Prática Recomendada]**

4.2.6 Massa Anticorrosiva

A especificação da massa deve atender os critérios da PETROBRAS [N-1890](#).

4.3 Fornecimento

4.3.1 Concretos e Plásticos Refratários

4.3.1.1 Devem ser fornecidos de acordo com a ABNT [NBR 12856](#) e requisitos a seguir:

4.3.1.2 O fabricante deve fornecer a Folha de Dados Técnicos (FDT), contendo, no mínimo, as seguintes informações:

- a) nome do fabricante;
- b) referência comercial;
- c) descrição do produto (ligante e principais agregados);
- d) classe do material conforme Tabela A.1 desta Norma; **[Prática Recomendada]**
- e) métodos de aplicação;
- f) temperatura máxima de utilização;
- g) características químicas conforme abaixo:
 - para os óxidos predominantes (Al_2O_3 e SiO_2) especificar os limites inferior e superior;
 - para os demais óxidos (CaO , P_2O_5 , Fe_2O_3 , álcalis etc.) especificar o limite inferior ou superior, conforme o caso específico;
- h) propriedades físicas, contendo, no mínimo, o limite inferior ou superior, conforme o caso específico;

NOTA 1 Recomenda-se também a apresentação de valores típicos. **[Prática Recomendada]**

NOTA 2 Para os materiais que permitam aplicação por projeção pneumática, adicionalmente aos resultados de laboratório, recomenda-se a apresentação de seus valores conforme aplicado por este método. **[Prática Recomendada]**

- i) propriedades térmicas, contendo os valores típicos;
- j) faixa de dosagem de água ou outro líquido para mistura (se aplicável);
- k) tempos de início e fim de pega;
- l) prazo de estocagem;
- m) tipo(s) de embalagem(ns) e peso(s) líquido.

4.3.1.3 O fabricante deve apresentar um certificado de qualidade do lote do material fornecido. Este certificado deve conter, no mínimo:

- a) data de fabricação;
- b) identificação do lote de fabricação;

- c) método de preparação dos corpos-de-prova;
- d) dosagem de água ou outro líquido de mistura (se aplicável);
- e) resultado da análise química do lote; **[Prática Recomendada]**
- f) resultado do ensaio de massa específica aparente (MEA 110 °C);
- g) resultado do ensaio de resistência à compressão a temperatura ambiente (RCTA 110 °C e 815 °C);
- h) resultado do ensaio de variação dimensional linear (VDL de 110 °C para 815 °C);
- i) resultado do ensaio de resistência à erosão (815 °C, somente para concretos antierosivos);
- j) resultado do teste de fluidez (somente para concretos aplicados por fluência livre) executado de acordo com a ABNT [NBR 13320](#);
- k) tempo de início e final de pega.

NOTA A amostragem para a determinação dos parâmetros citados nas e), f), g), h) e i) deve ser feita de acordo com a ABNT [NBR ISO 8656-1](#) ou de acordo com o plano de amostragem do fabricante.

4.3.1.4 As embalagens, inclusive para materiais bi-componentes, devem ser identificadas com, no mínimo, as seguintes informações:

- a) nome do fabricante;
- b) referência comercial;
- c) lote de fabricação;
- d) data de fabricação;
- e) prazo máximo de estocagem (validade);
- f) massa líquida nominal.

4.3.1.5 Recomenda-se que as embalagens sejam identificadas conforme modelos disponíveis no Anexo D. **[Prática Recomendada]**

4.3.1.6 O fabricante deve fornecer Folha de Dados de Aplicação (FDA) dos materiais contendo, no mínimo:

- a) faixa de dosagem de água ou outro líquido para mistura (se aplicável);
- b) método de mistura (se aplicável);
- c) faixa de temperatura de mistura (se aplicável);
- d) tempo de pré-mistura e faixa de dosagem de água ou outro líquido para pré-umidificação (se aplicável);
- e) tempo de mistura (a seco e a úmido) (se aplicável);
- f) tipo de equipamento requerido para mistura e aplicação (misturador, máquina de projeção, vibrador etc.) (se aplicável);
- g) método de aplicação;
- h) tempo de início e fim de pega;
- i) procedimento para a cura (se aplicável);
- j) requisitos de secagem: tempo de secagem ao ar; curva de secagem com taxa de aquecimento, patamares e outros.

4.3.1.7 O fabricante deve disponibilizar a Folha de Dados de Segurança do Produto (FISPQ), conforme a ABNT [NBR 14725-4](#).

4.3.1.8 Recomenda-se que os concretos agulhados sejam fornecidos com as agulhas em separado. **[Prática Recomendada]**

4.3.2 Dispositivos de Ancoragem e Materiais Complementares

4.3.2.1 A malha pode ser fornecida em painéis de 2 m x 1 m. O sentido da tira (comprimento ou largura) deve estar de acordo com o estabelecido no documento de compra. Pode ser acondicionada em estrados de madeira, presa por meio de fitas metálicas ou madeira. **[Prática Recomendada]**

4.3.2.2 As agulhas podem ser embaladas em tambores, caixas de papelão ou caixotes de madeira, sendo que a massa líquida não deve ultrapassar 25 kg. **[Prática Recomendada]**

4.3.2.3 O fabricante deve fornecer o certificado de qualidade dos dispositivos de ancoragem e dos materiais complementares, contendo, no mínimo, a análise química dos materiais.

5 Inspeção de Recebimento

5.1 Concretos e Plásticos Refratários

5.1.1 A verificação dos parâmetros, constantes na Tabela A.1, deve seguir o seguinte procedimento:

- a) analisar o certificado de qualidade do lote emitido pelo fabricante, relacionando os valores apresentados do referido lote, com a FDT do material e a Tabela A.1. Em caso de divergência entre os resultados, deve ser solicitado parecer do fabricante para avaliação da PETROBRAS, antes de testar o lote recebido;
- b) amostrar e testar o lote recebido, conforme Anexo C. Os resultados do teste do lote recebido devem estar coerentes com a FDT e com a Tabela A.1.

NOTA Caso a FDT não apresente os limites aceitáveis para cada propriedade física a ser verificada, ou seja, apresente somente os valores típicos, então devem ser consideradas as tolerâncias descritas na Tabela 1.

Tabela 1 - Tolerâncias Mínima e Máxima para Valores Típicos

Propriedade física	Tolerância	
	Mínima	Máxima
Perda por Erosão	N/A	+10 %
Resistência a Compressão a Temperatura Ambiente	-10 %	N/A
Massa Específica Aparente	-80 kg/m ³	+80 kg/m ³
Variação Dimensional Linear	Zero	+10 %

Baseada na Tabela 3 do API [STD 936](#).

5.1.2 Para os plásticos refratários o critério de aceitação deve ser a FDT do fabricante.

NOTA Quando o recebimento do concreto e do plástico refratário for realizado nas instalações do fabricante, pode-se adotar seu plano de amostragem, desde que acordado previamente. **[Prática Recomendada]**

5.2 Inspeção dos Dispositivos de Ancoragem e dos Materiais Complementares

5.2.1 Deve ser feita inspeção de recebimento, tais como: visual, dimensional, verificação de material e outros necessários para verificação da conformidade com o especificado na compra.

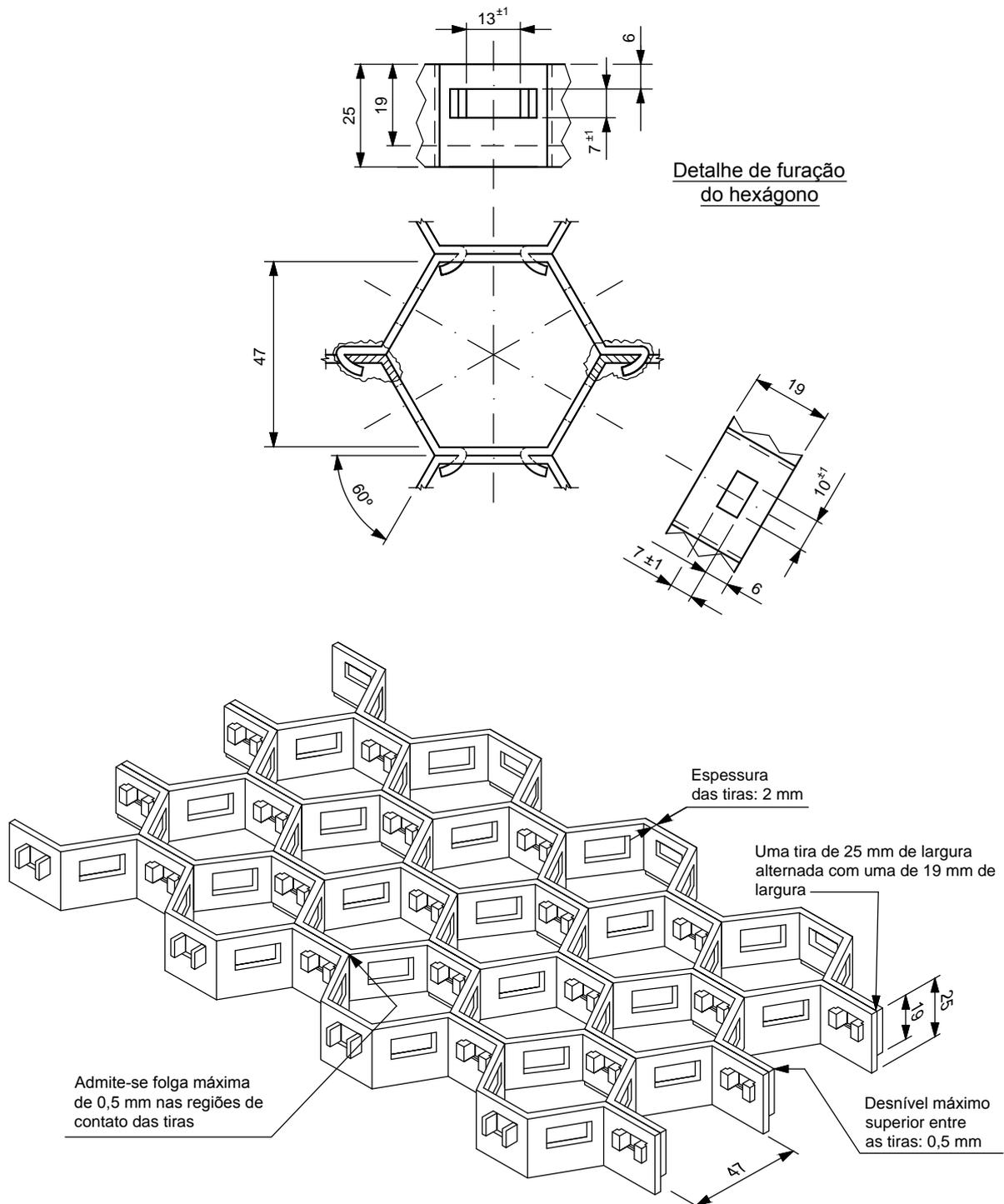
5.2.2 Analisar o certificado de qualidade emitido pelo fabricante, comparando os valores dos parâmetros com os especificados nesta Norma.

Anexo A - Tabela

Tabela A.1 - Concreto Refratário

Características	Densos						Semi isolantes	Isolantes			Unid.	Normas
	Antierrosivos			Regulares		Alta alumina		Classe A	Classe B	Classe C		
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe A	Classe B							
Análise química: (Nota 9) - Al ₂ O ₃ (mínimo);	80,0	80,0	40,0	70,0	40,0	94,0 (Nota 10)	35,0	30,0	30,0	30,0	%	ABNT NBR ISO 12677
- SiO ₂ (máximo);	8,0	(Nota 3)	50,0	15,0	50,0	-	55,0	50,0	45,0	40,0		
- CaO (máximo);	5,0	8,0	12,0	10,0	7,0	4,0	12,0	12,0	15,0	20,0		
- Fe ₂ O ₃ (máximo);	1,0	1,0	1,5	1,5	3,0	0,4	3,0	8,0	10,0	10,0		
Temperatura máx. de utilização	1 200	1 200	1 200	1 600	1 400	1 700	1 300	1 100	1 100	900	°C	Varição dimensional linear de 1,5 % (Nota 6)
Massa específica aparente: - seco a 110 °C.	≥ 2 500	≥ 2 500	≤ 2 600	≥ 2 300	≤ 2 300	≥ 2 600	≤ 1 750	≤ 1 300	≤ 1 000	≤ 850	kg/m ³	ABNT NBR 11221 ASTM C134
Resistência mínima de compressão: - seco a 110 °C;	50,0 (510)	45,0 (459)	35,0 (357)	40,0 (408)	20,0 (204)	30,0 (306)	6,9 (70)	5,4 (55)	2,4 (25)	0,7 (7)	MPa (kgf/cm ²)	ABNT NBR 11222 ASTM C133
- queimado a 815 °C.	75,0 (765)	40,0 (408)	30,0 (306)	35,0 (357)	12,0 (122)	40,0 (408)	4,4 (45)	2,9 (30)	1,2 (12)	0,3 (3)		
Varição Dimensional Linear Mínima: (Nota 11) - queimado a 815 °C.	- 0,50	- 0,50	- 0,50	- 0,50	- 0,50	- 0,30	- 0,50	- 0,50	- 1,20	- 1,50	%	ABNT NBR 8385 ASTM C113
Condutividade Térmica, queimado a 815 °C, na Temperatura média de: - 200 °C;	-	-	1,29 (1,11)	-	-	-	0,45 (0,39)	0,38 (0,33)	0,26 (0,22)	0,17 (0,15)	W/m.K (kcal/m.h.°C)	ASTM C201
- 400 °C;	-	-	1,27 (1,09)	-	-	-	0,47 (0,41)	0,42 (0,36)	0,29 (0,25)	0,20 (0,17)		
- 600 °C.	-	-	1,24 (1,07)	-	-	-	0,50 (0,43)	0,45 (0,39)	0,33 (0,28)	0,22 (0,19)		
Perda Máxima por Erosão: - queimado a 815 °C.	3,5	12,0	12,0 (Nota 4) 20,0 (Nota 5)	-	-	-	-	-	-	-	cm ³	ABNT NBR 13185 ASTM C704/C704M
NOTA 1	No caso de concreto antierrosivo Classe B ou C deve-se indicar se é de baixo teor de cimento ou não;											
NOTA 2	O concreto antierrosivo Classe A deve ser de pega química ou formulado de modo a não exigir aspersão de água ou outro elemento de cura;											
NOTA 3	Para concretos convencionais especificar 0,5 % e para concretos de baixo cimento 9,0 %;											
NOTA 4	Para materiais tipo baixo cimento aplicados por vibração externa e materiais tipo fluência livre;											
NOTA 5	Para materiais aplicados por derramamento convencional ou projeção pneumática;											
NOTA 6	Temperatura máxima de utilização: considerar a temperatura para variação dimensional linear de 1,5 % após queima por 5 horas. Critério para máxima temperatura de utilização conforme ASTM C401;											
NOTA 7	Para os concretos aplicados por fluência livre, estes devem ter fluidez maior que 75 % após 20 min da mistura;											
NOTA 8	Concretos antiácidos devem atender as propriedades (mandatórias) de cada classe da tabela A.1;											
NOTA 9	Valor de referência, porém não seletivo;											
NOTA 10	Valor seletivo, atender a especificação mínima;											
NOTA 11	Não é admissível variação dimensional linear maior que zero;											
NOTA 12	Para concretos de pega química admite-se valores inferiores para a resistência à compressão a 110 °C, desde que o resultado a 815 °C esteja enquadrado.											

Anexo B - Figuras

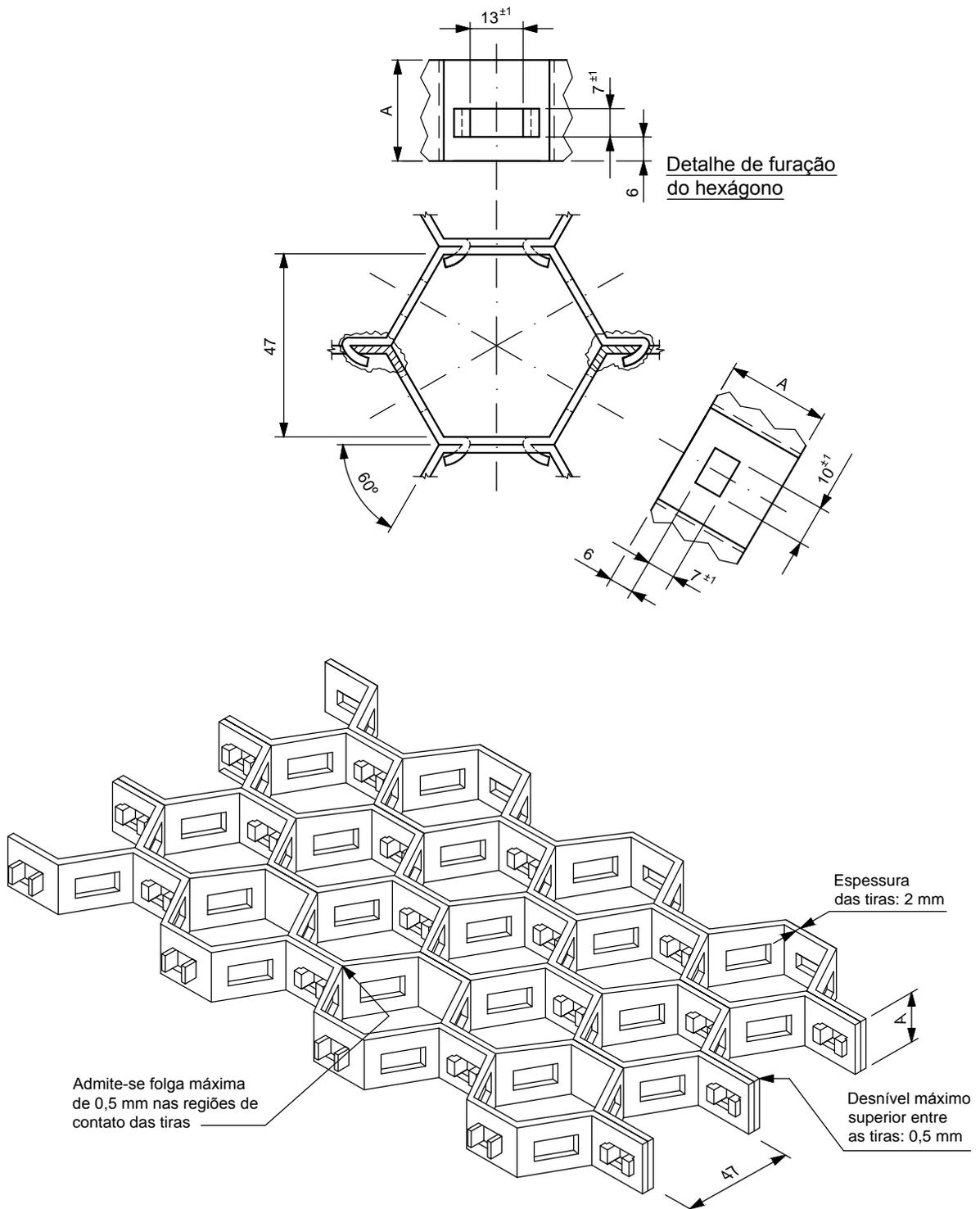


NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 Nos casos em que a malha hexagonal é fabricada em aço ASTM A240 tipo 410S, admite-se que a união entre hexágonos justapostos seja feita por meio de grampo independente.

Figura B.1 - Malha Hexagonal Tipo I



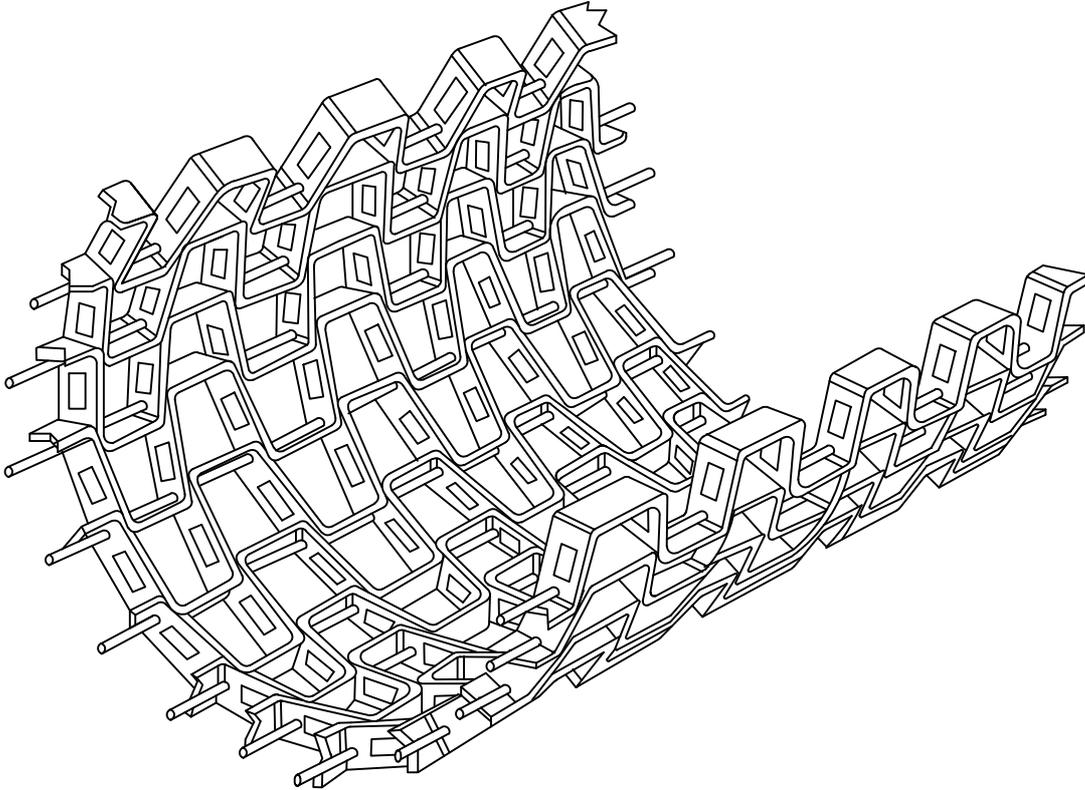
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

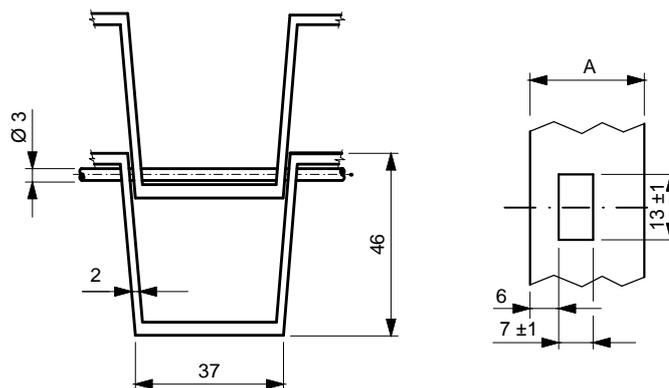
NOTA 3 $A = 19$ ou 25 mm.

NOTA 4 Nos casos em que a malha hexagonal é fabricada em aço ASTM A240 tipo 410S, admite-se que a união entre hexágonos justapostos seja feita por meio de grampo independente.

Figura B.2 - Malha Hexagonal Tipo II



Detalhe de furação



NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

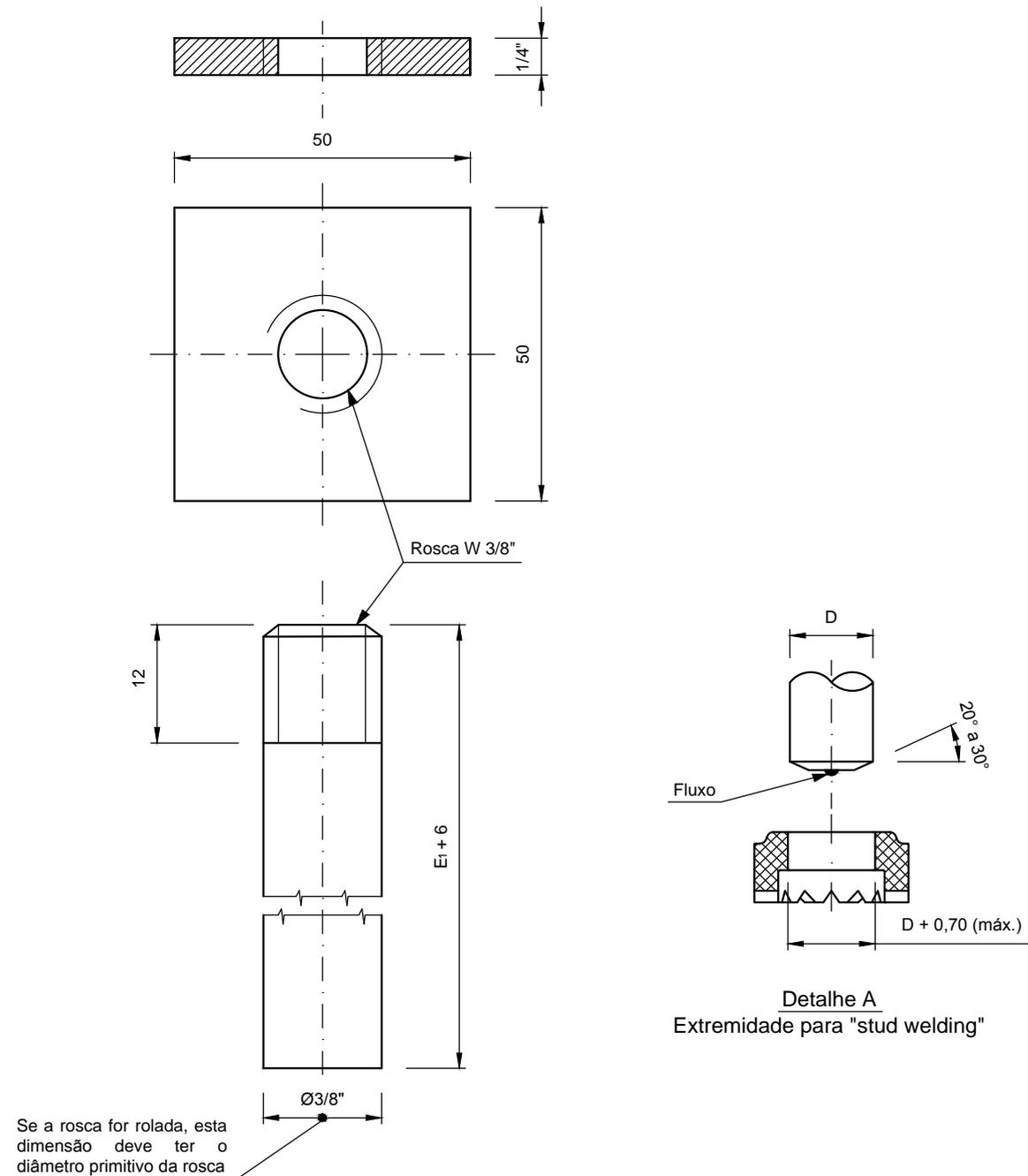
NOTA 3 Espessura da tira igual a 2 mm.

NOTA 4 As extremidades do arame devem ser dobradas com comprimento em torno de 15 mm.

NOTA 5 Admite-se furação na face longitudinal das tiras conforme necessidade do processo de fabricação.

NOTA 6 A = 19 ou 25 mm.

Figura B.3 - Malha Articulada



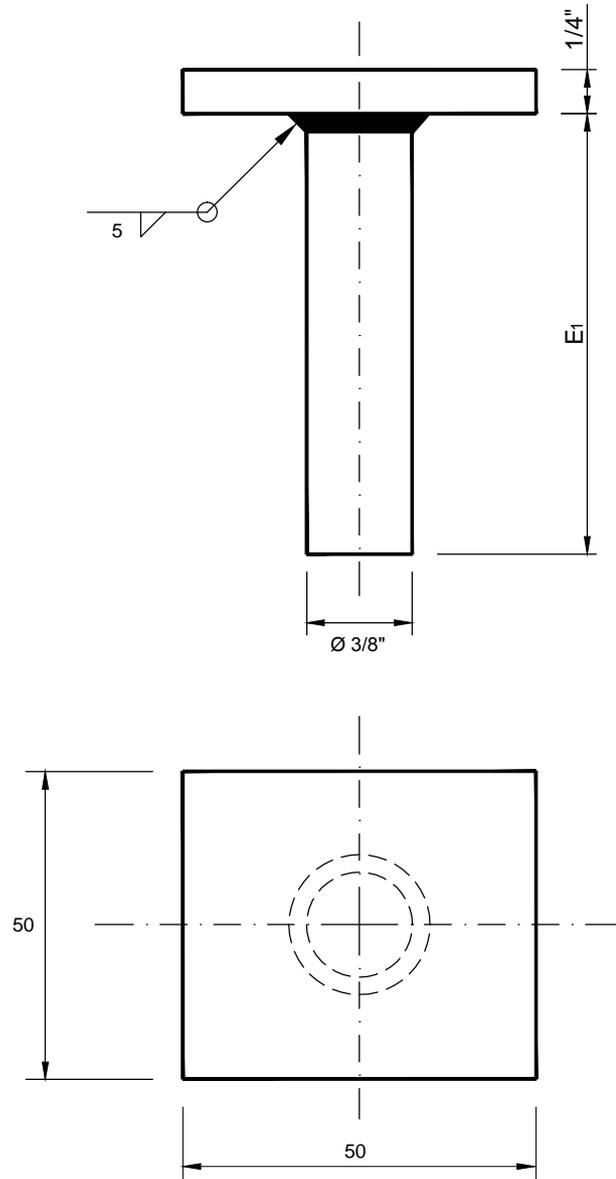
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 E_1 = Espessura da camada interna do revestimento.

NOTA 4 A cerâmica para soldagem por "Stud Welding" deve ser fornecida com o pino (quando aplicável).

Figura B.4 - Pino Roscado



NOTA 1 E_1 = Espessura da camada interna do revestimento.

NOTA 2 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 Tolerância geral: $\pm 5\%$.

Figura B.5 - Pino Soldado

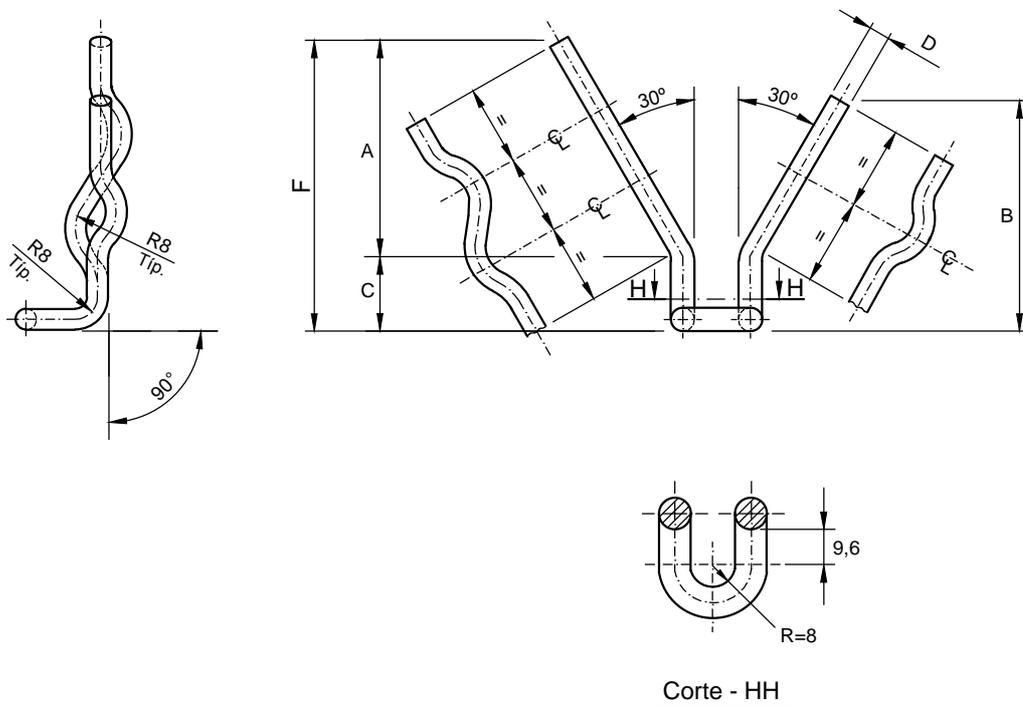


Tabela - Dimensões do Grampo

E	D	A	B	C	F
75	1/4"	62	49	0	A+C
100	5/16"	70	70	13	A+C
125	5/16"	79	91	25	A+C
150	5/16"	100	112	25	A+C
>150	5/16"	4/5E-25	2/3E	25	A+C

NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: ± 5 %, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 E = espessura total do revestimento.

NOTA 4 A perna menor tem uma ondulação. A perna maior tem duas ondulações, exceto para a espessura de refratário E = 75 mm que deve ser feita com apenas uma ondulação.

Figura B.6.1 - Grampo "V" Ondulado - Tipo I

Figura B.6 - Grampos "V"

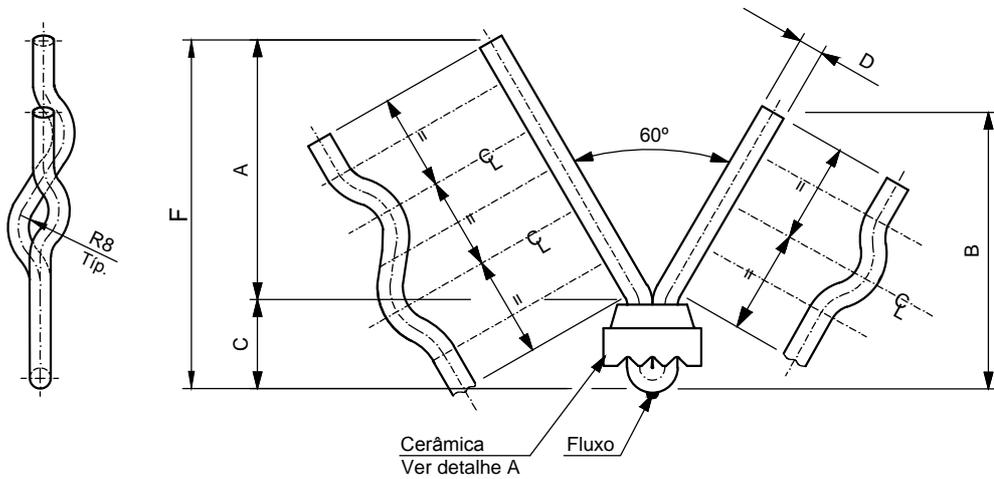
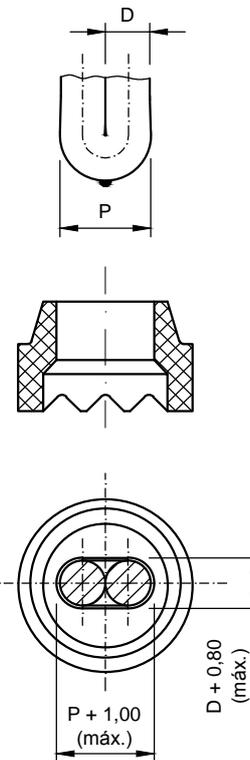


Tabela - Dimensões do Grampo

E	D	A	B	C	F
75	1/4"	45	49	16	A+C
100	5/16"	64	70	19	A+C
125	5/16"	79	91	19	A+C
150	5/16"	100	112	19	A+C
>150	5/16"	4/5E-25	2/3E	19	A+C

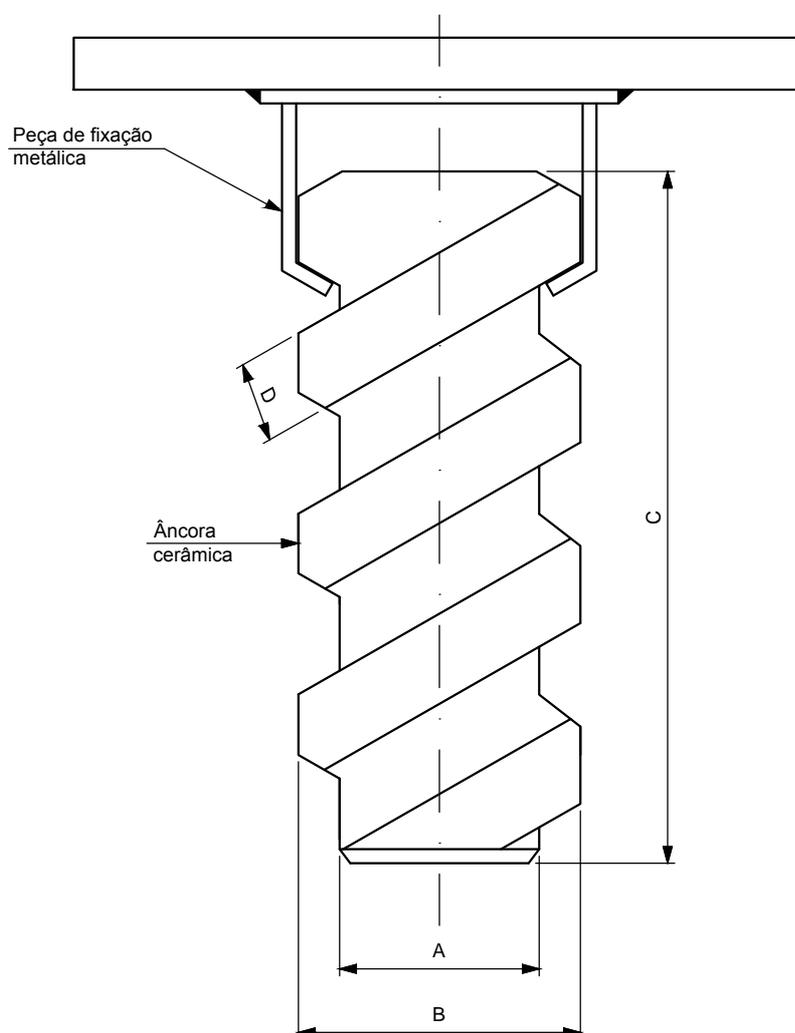


Detalhe A
Extremidade para "Stud Welding"

- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
- NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.
- NOTA 3 E = espessura total do revestimento.
- NOTA 4 A perna menor tem uma ondulação. A perna maior tem duas ondulações, exceto para a espessura de refratário E = 75 mm que deve ser feita com apenas uma ondulação.
- NOTA 5 Dureza máxima do arame antes da conformação: 170 HB.
- NOTA 6 Os grampos levam fluxo sólido para solda em suas bases.
- NOTA 7 A cerâmica para soldagem por "Stud Welding" deve ser fornecida com o grampo.

Figura B.6.2 - Grampo "V" Ondulado - Tipo II

Figura B.6 - Grampos "V" (Continuação)



NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 Dimensões: A, B, C e D conforme projeto.

Figura B.7 - Âncora Cerâmica

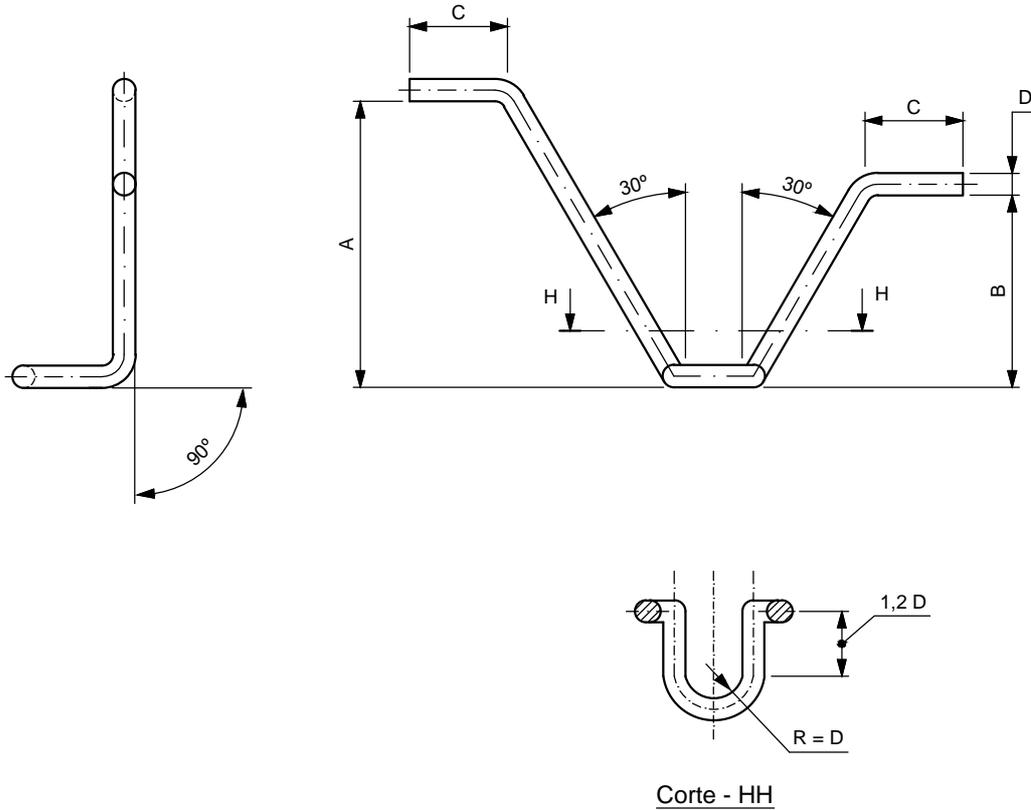


Tabela - Dimensões do Grampo

E	D	A	B	C
50	3/16"	33	25	15
63	3/16"	42	32	15
75	3/16"	50	38	15
90	1/4"	60	45	20
100	1/4"	66	50	20
113	1/4"	75	57	20
125	5/16"	83	63	20
150	5/16"	100	75	20
>150	5/16"	2/3E	1/2E	20

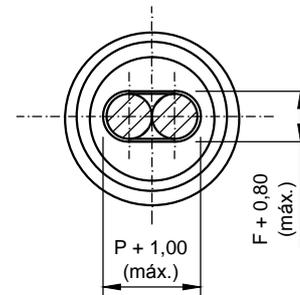
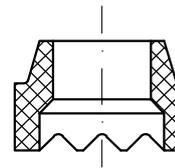
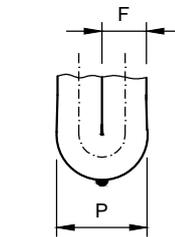
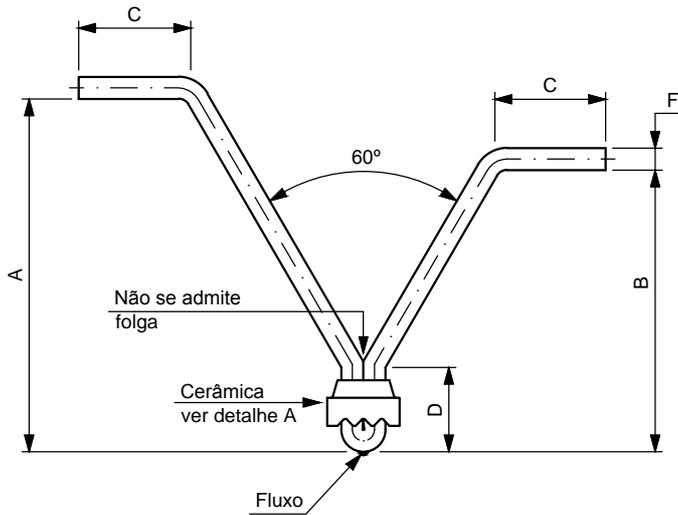
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 E = espessura total do revestimento.

Figura B.8.1 - Grampo "V" - Tipo I

Figura B.8 - Grampos "V"



Detalhe A
Extremidade para "Stud Welding"

Tabela - Dimensões do Grampo

E	F	A	B	C	D
50	3/16"	33	25	15	16
63	3/16"	42	32	15	16
75	3/16"	50	38	15	16
90	1/4"	60	45	20	19
100	1/4"	66	50	20	19
113	1/4"	75	57	20	19
125	5/16"	83	63	20	19
150	5/16"	100	75	20	19
>150	5/16"	2/3E	1/2E	20	19

- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
- NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.
- NOTA 3 O fornecimento inclui a cerâmica.
- NOTA 4 Os grampos levam fluxo sólido para solda em suas bases.
- NOTA 5 E = Espessura total do revestimento.
- NOTA 6 A cerâmica para soldagem por "Stud Welding" deve ser fornecida com o grampo.

Figura B.8.2 - Grampo "V" - Tipo II

Figura B.8 - Grampos "V" (Continuação)

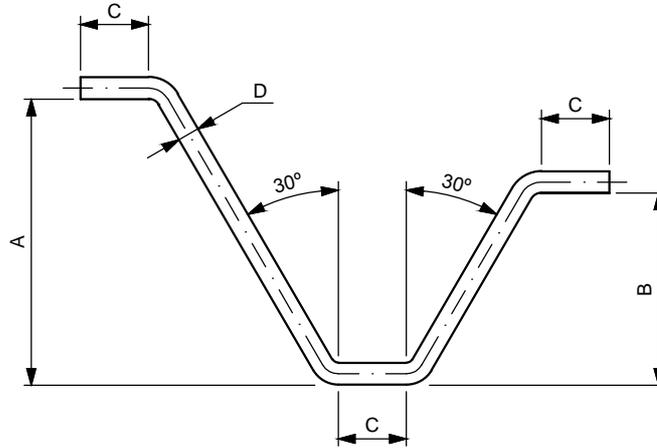


Tabela - Dimensões do Grampo

E	D	A	B	C
50	3/16"	33	25	15
63	3/16"	42	32	15
75	3/16"	50	38	15
90	1/4"	60	45	20
100	1/4"	66	50	20
113	1/4"	75	57	20
125	5/16"	83	63	20
150	5/16"	100	75	20
>150	5/16"	2/3E	1/2E	20

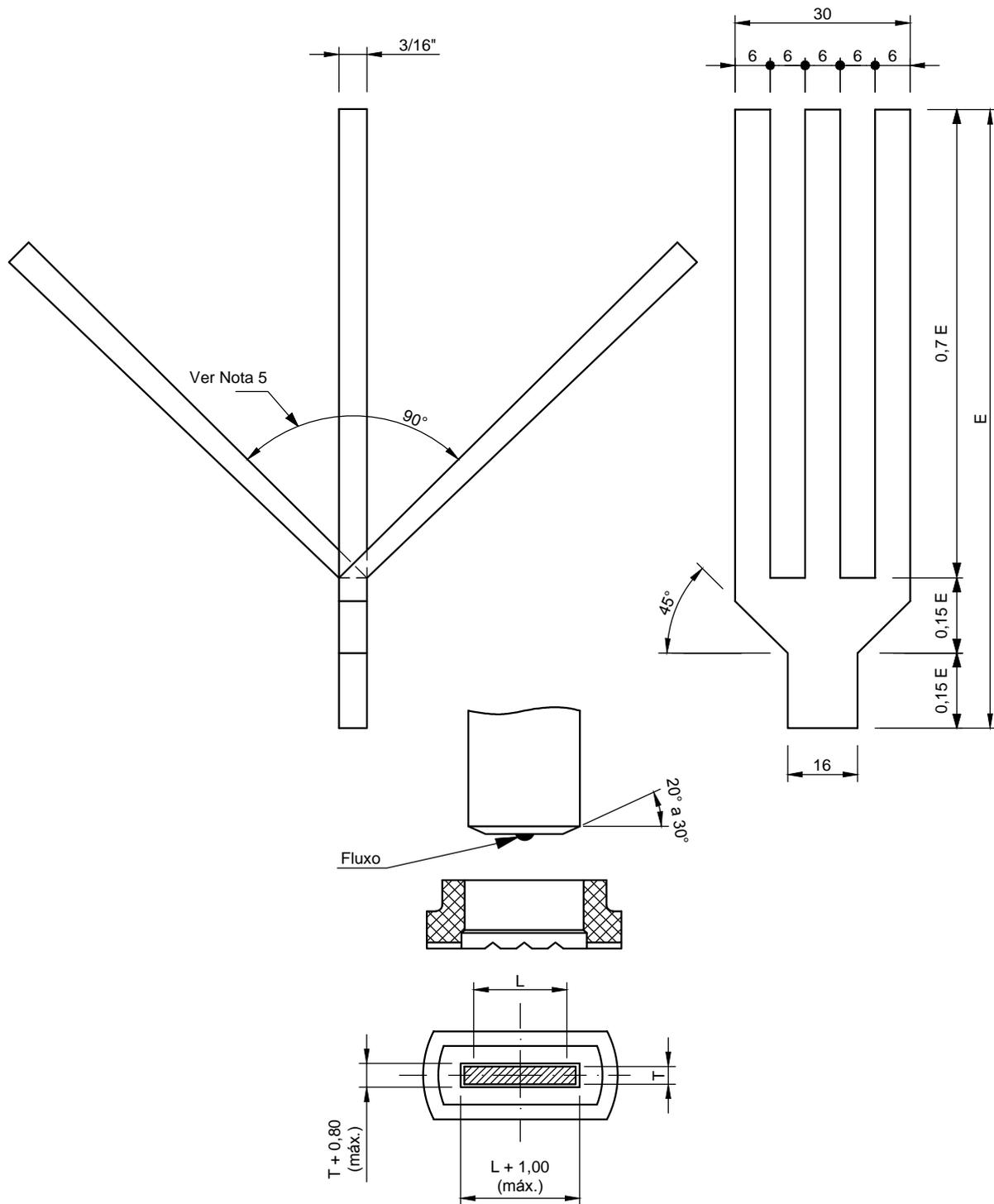
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 E = Espessura total do revestimento.

Figura B.8.3 - Grampo "V" - Tipo III

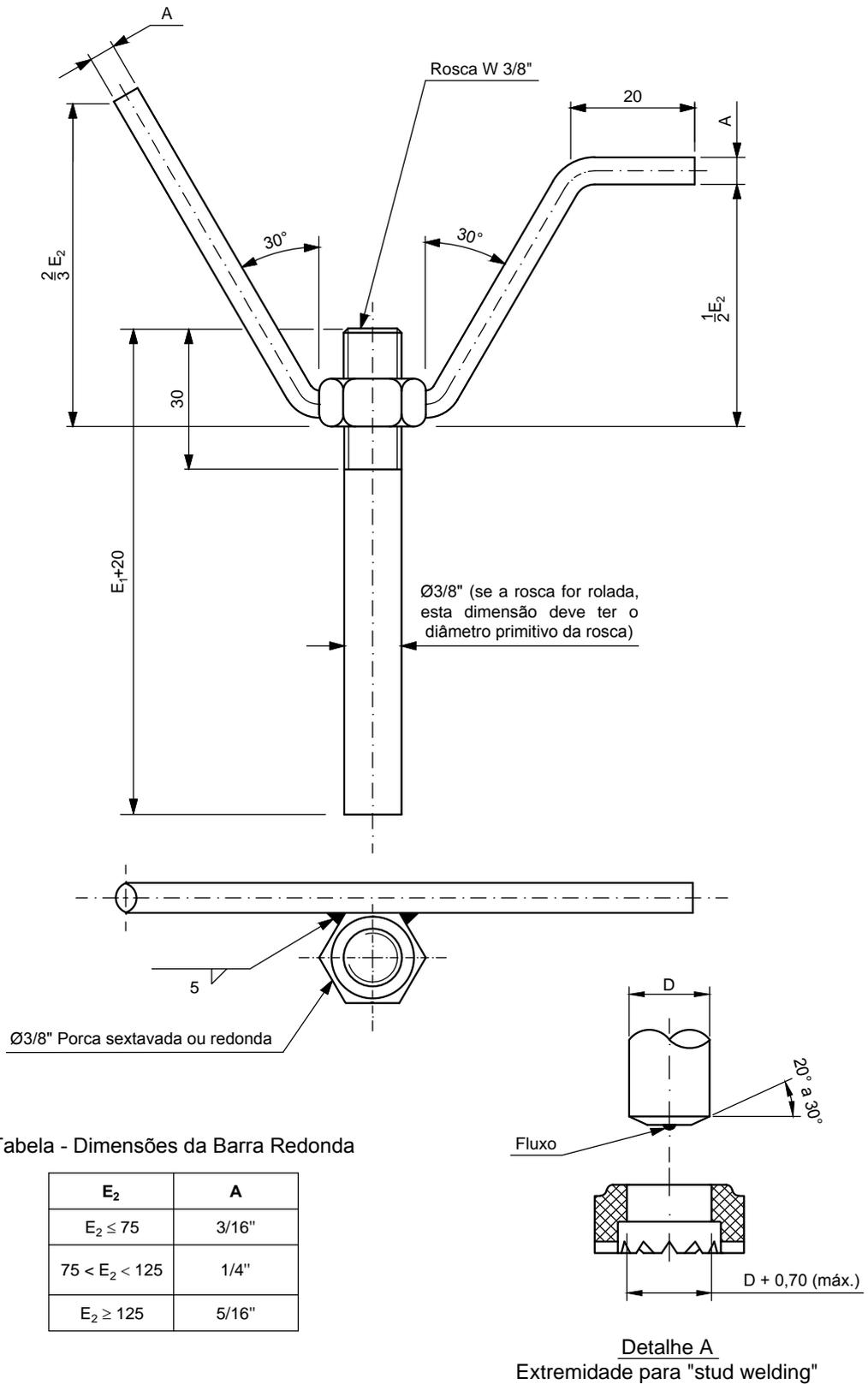
Figura B.8 - Grampos "V" (Continuação)



Detalhe A
Extremidade para "stud welding"

- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
 NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.
 NOTA 3 E = espessura total do revestimento.
 NOTA 4 Sem rebarbas.
 NOTA 5 Dobramento após soldagem.
 NOTA 6 A cerâmica para soldagem por "Stud Welding" deve ser fornecida com o grampo (quando aplicável).

Figura B.9 - Grampo Tridente



- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
 NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.
 NOTA 3 A cerâmica para soldagem por "Stud Welding" deve ser fornecida com o grampo.
 NOTA 4 E = Espessura total do revestimento ($E = E_1 + E_2$).
 NOTA 5 E_1 = Espessura da camada interna.
 NOTA 6 E_2 = Espessura da camada externa.

Figura B.10 - Grampo "Y"

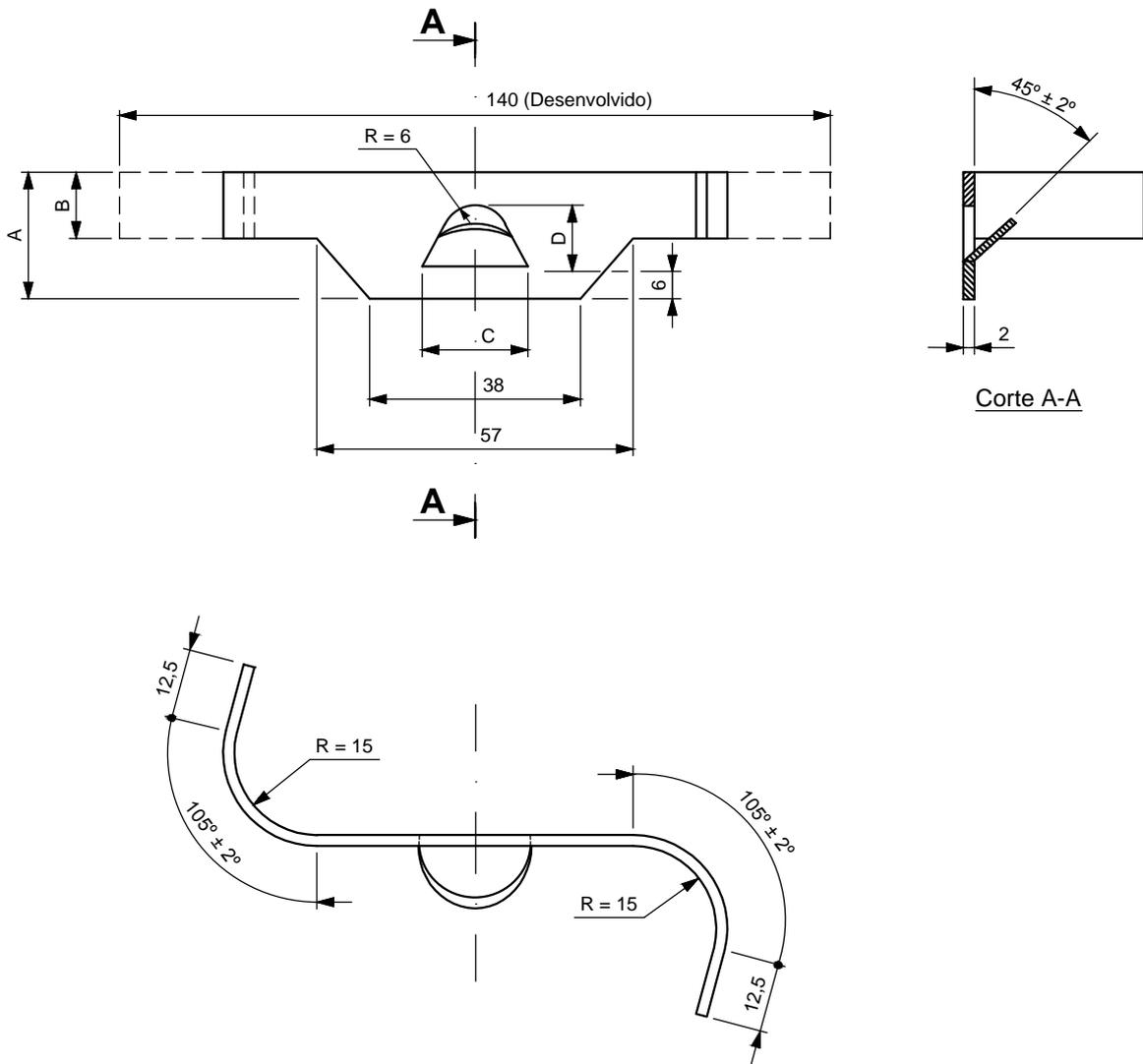


Tabela - Dimensões do grampo

A	B	C	D
19	10	15	7
25	13	20	13

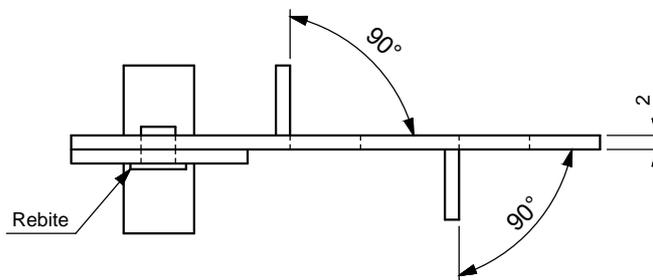
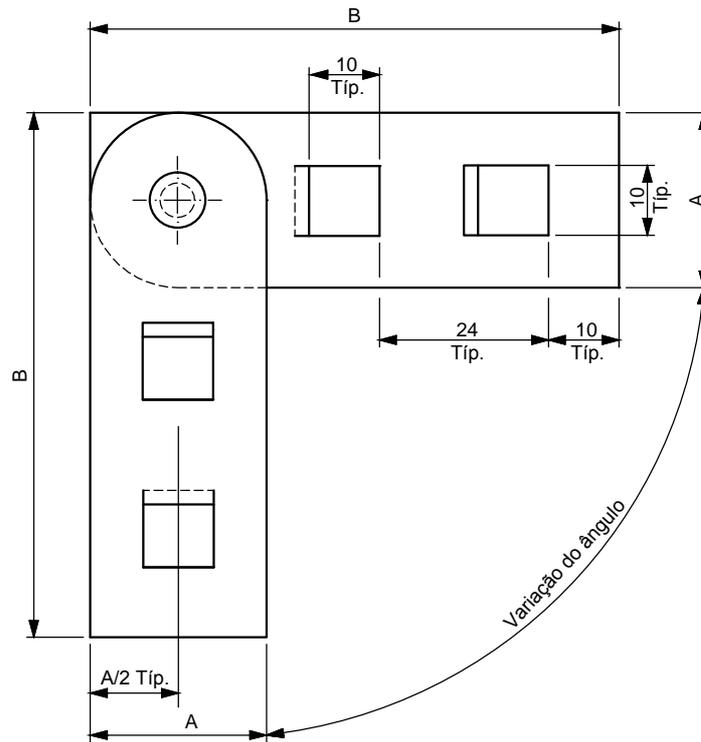
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 Sem rebarbas.

NOTA 4 A = 19 ou 25 mm.

Figura B.11 - Grampo "S"



- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
 NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5 \%$ salvo indicação em contrário.
 NOTA 3 Sem rebarbas.
 NOTA 4 $A = 19$ ou 25 mm e $B = 70 \text{ mm}$ ou conforme projeto.

Figura B.12.2 - Grampo "L" - Articulado

Figura B.12 - Grampos "L" (Continuação)

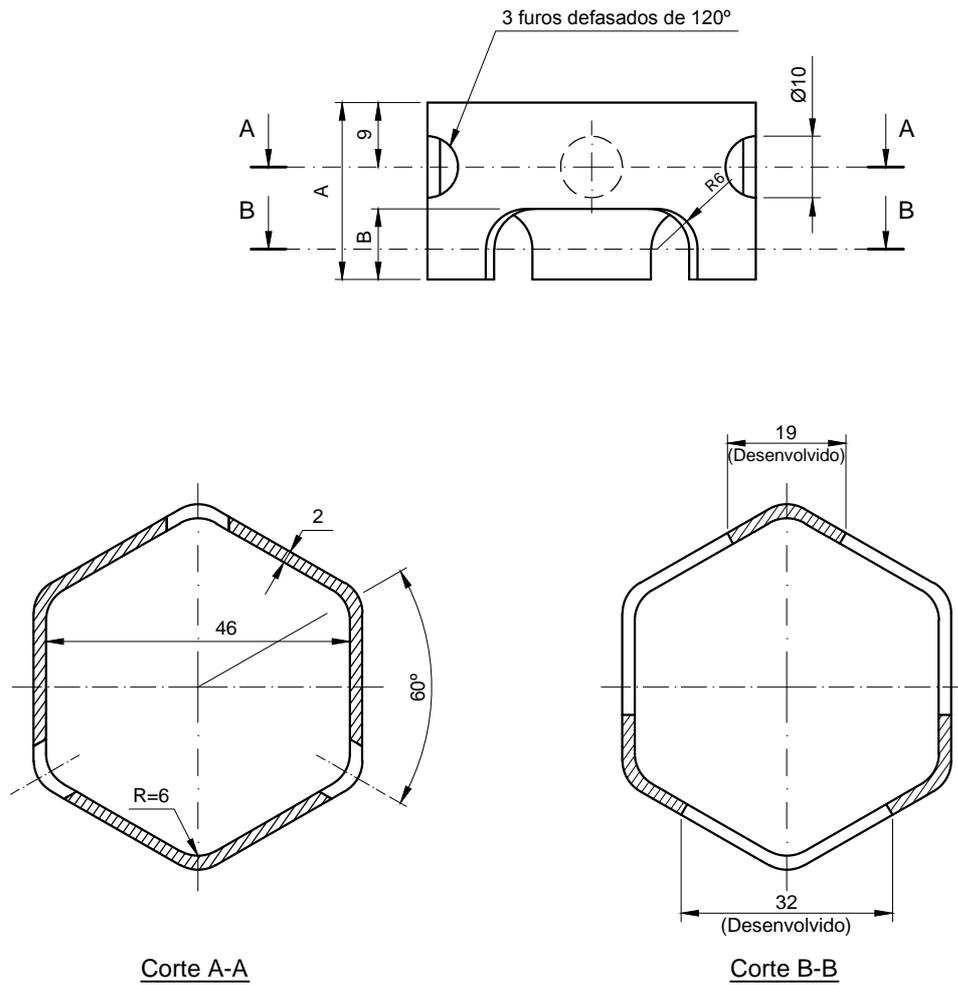
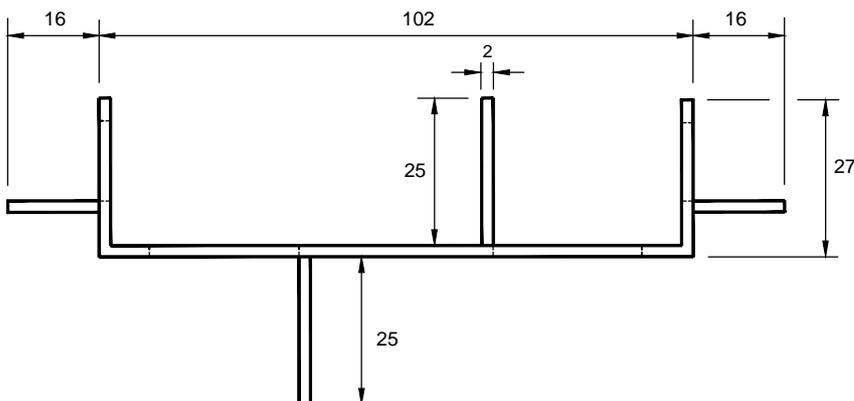
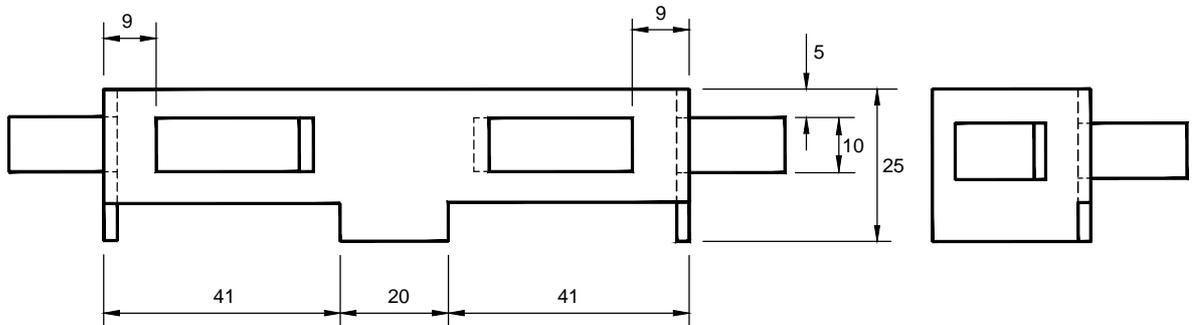
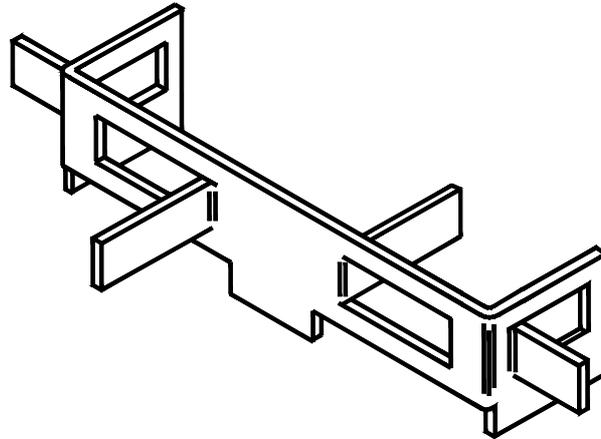


Tabela - Dimensões do grampo

A	B
25	10
19	8

NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
 NOTA 2 Tolerância geral: ± 5 %, salvo indicação em contrário.

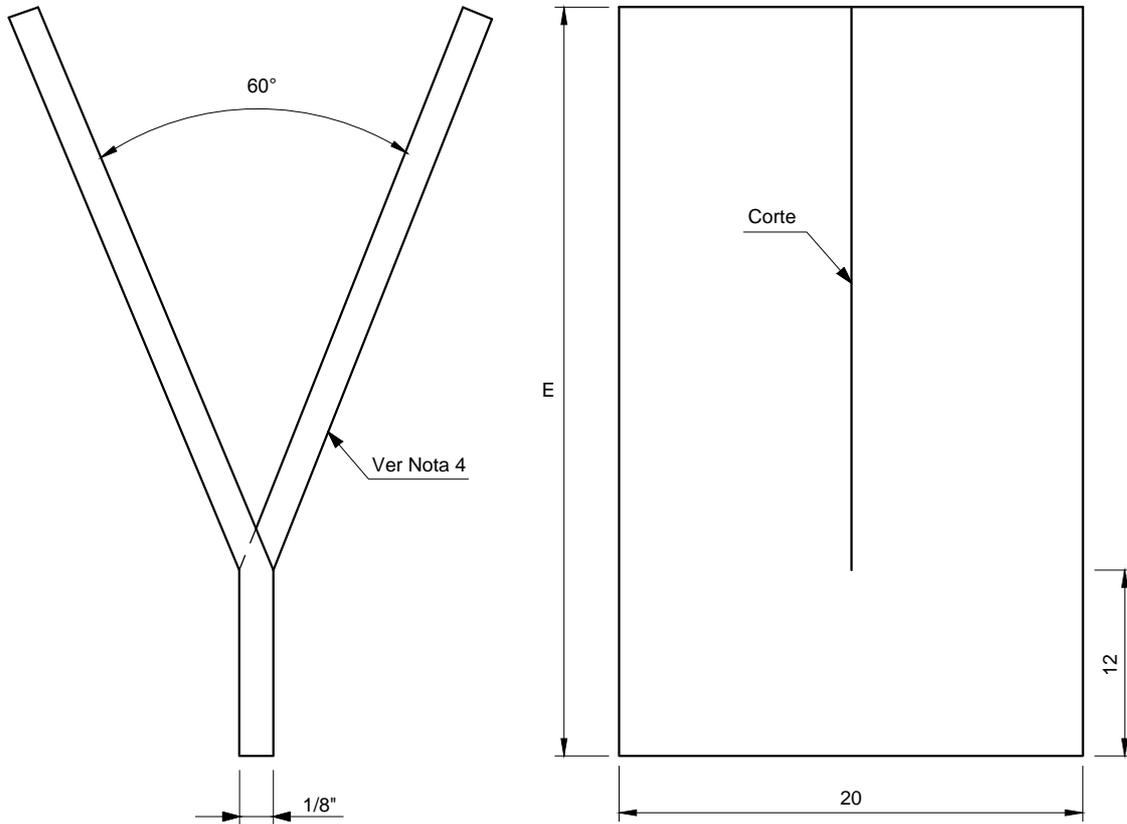
Figura B.13 - Grampo Coroa



NOTA 1 Dimensões em milímetros.

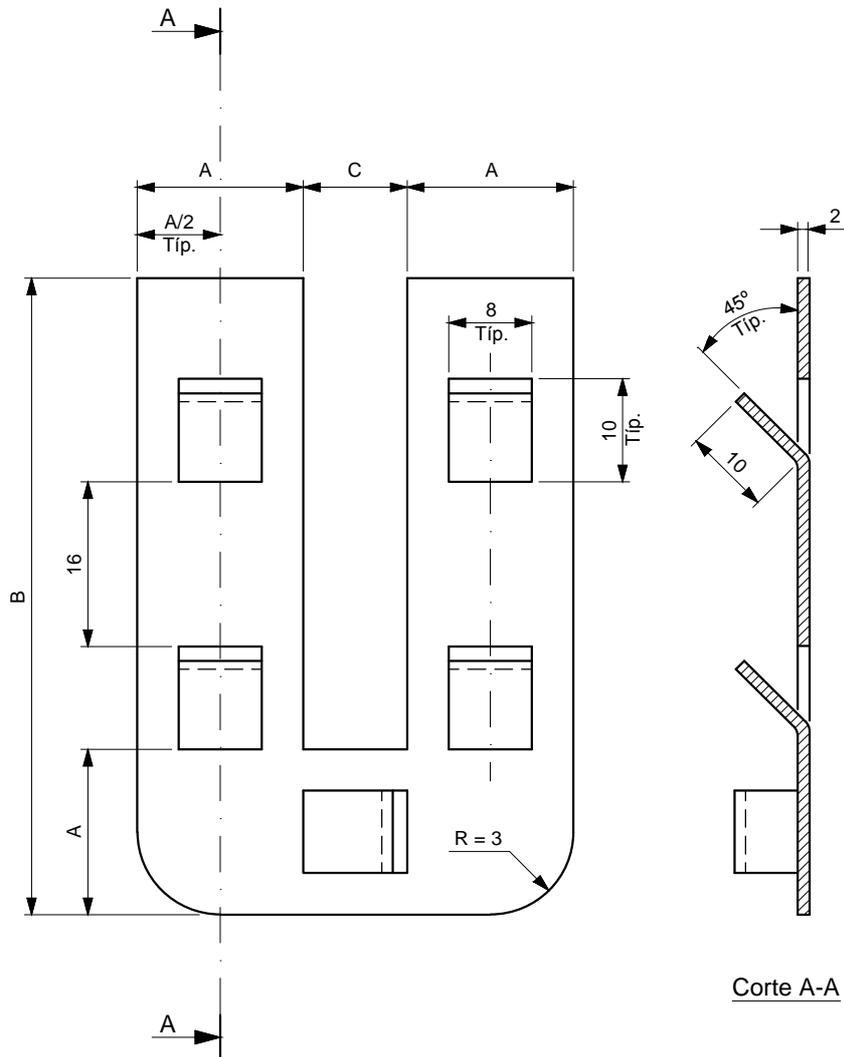
NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$.

Figura B.14 - Grampo "C"



- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
- NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$.
- NOTA 3 E = espessura total do revestimento.
- NOTA 4 Dobramento do grampo após soldagem.
- NOTA 5 Sem rebarbas.

Figura B.15 - Grampo "Rabo de Andorinha"



NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

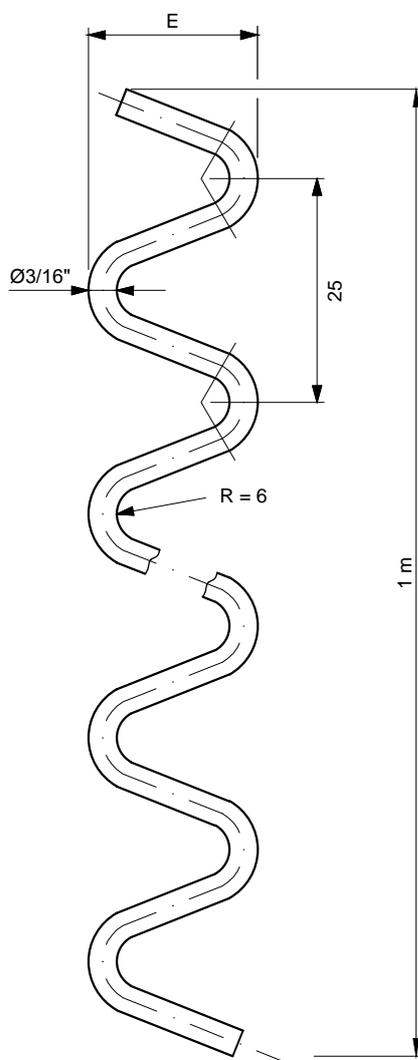
NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 Sem rebarbas.

NOTA 4 $A = 19$ ou 25 mm e $B = 70$ mm ou conforme projeto.

NOTA 5 Dimensão C = espessura da chapa do equipamento (conforme projeto), mais uma folga para montagem de $0,5$ mm a $1,0$ mm.

Figura B.16 - Grampo "U"



NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 Tolerância geral: $\pm 5\%$, salvo indicação em contrário.

NOTA 3 E = espessura do revestimento (19 mm ou 25 mm).

NOTA 4 Comprimento do grampo 1 m.

Figura B.17 - Grampo Estrela

Anexo C - Amostragem e Tratamento da Amostra para Concretos e Plásticos Refratários

C.1 Entrar na Tabela C.1, com o tamanho “N” (número de sacos) do lote e determinar o tamanho “n” da amostra.

Tabela C.1 - Tamanho da Amostra

“N”	“n”
≤ 200	1
201 - 1 000	2
> 1 000	3

C.2 Confeccionar os corpos-de-prova de acordo com a Tabela C.2.

Tabela C.2 - Corpos-de-Prova

Ensaio	Quantidade (Nota 1)	Material	Dimensões (mm) (Nota 2)	Norma
Resistência à compressão: - seco a 110 °C - queimado a 815 °C	5	Isolante	114 x 114 x 63	ABNT NBR 11222
	5	Semi-Isolante/ Denso	50 x 50 x 50	ASTM C133
Resistência à erosão: - queimado a 815 °C	5	Antierosivos	115 x 115 x 25	ABNT NBR 13185 ASTM C704/704M
Varição dimensional linear: - queimado a 815 °C	2	Todos	114 x 114 x 63 ou 50 x 50 x 100	ABNT NBR 8385 ASTM C113
Massa específica aparente: - seco a 110 °C	-	Todos	Usar qualquer dos CPs acima	ABNT NBR 11221 ASTM C134
NOTA 1 As quantidades indicadas referem-se a cada saco da amostra. NOTA 2 Aplicar as dimensões dos corpos-de-prova conforme especificado, independente da norma de referência.				

C.3 Ensaiar individualmente cada corpo-de-prova da amostra e anotar os “n” valores “Xi” do respectivo parâmetro ensaiado.

NOTA “Xi” é calculado em função do método de ensaio.

C.4 Calcular a média aritmética “ \bar{X} ” dos resultados:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$$

C.5 Regras de decisão sobre o lote:

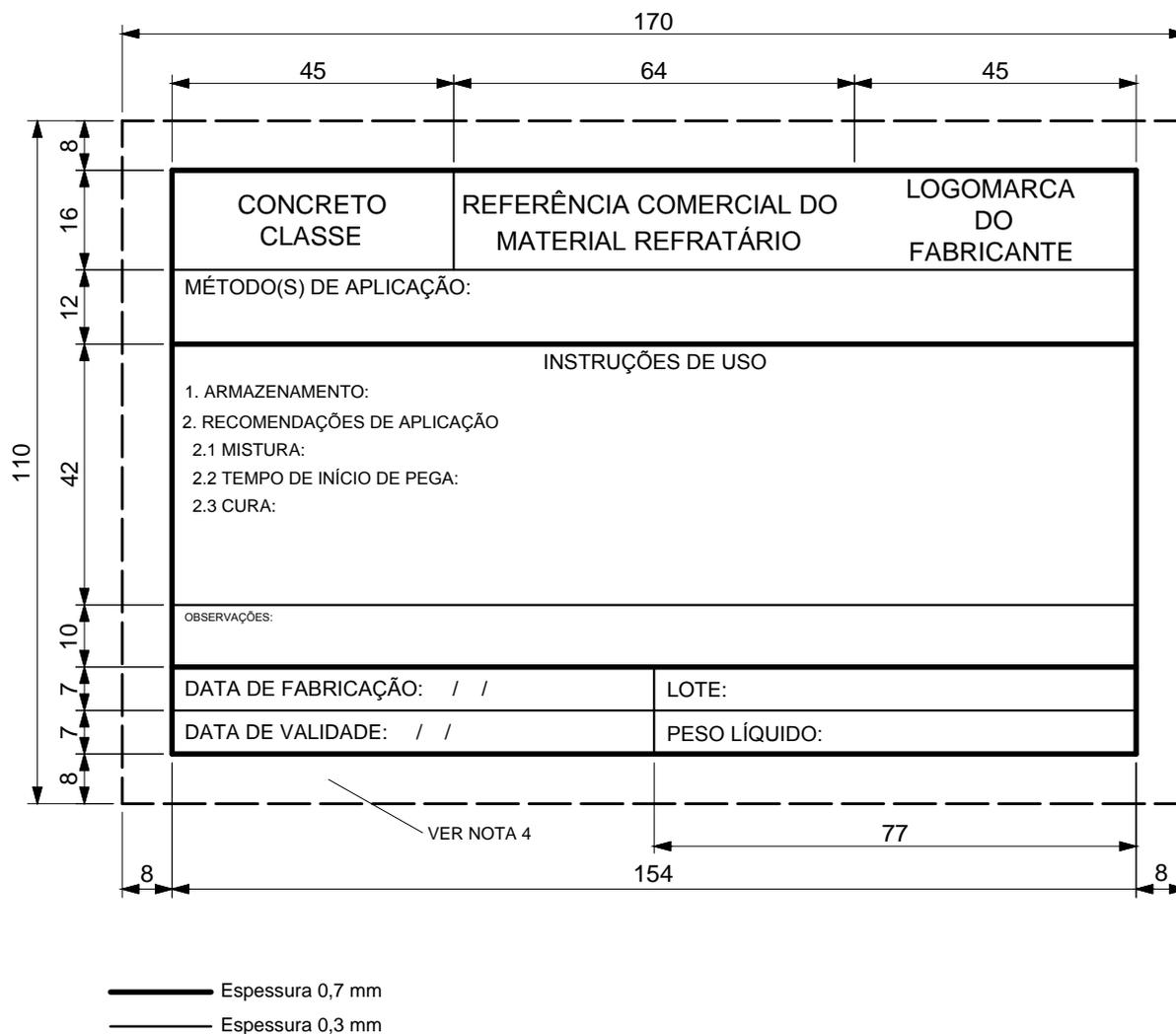
C.5.1 Se “Y” é um limite superior do respectivo parâmetro da Tabela A.1 do Anexo A e:

- a) se $\bar{X} \leq Y$ aceitar o lote (ver seção 5.1);
- b) se $\bar{X} > Y$ rejeitar o lote.

C.5.2 Se “Y” é um limite inferior do respectivo parâmetro da Tabela A.1 do Anexo A e:

- a) se $\bar{X} \geq Y$: aceitar o lote (ver seção 5.1);
- b) se $\bar{X} < Y$: rejeitar o lote.

Anexo D - Etiqueta de Identificação



NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo em contrário.

NOTA 2 Desenho sem escala.

NOTA 3 A Etiqueta de identificação deve ser colada (de forma permanente) na lateral ou topo de todas as embalagens. O posicionamento da etiqueta deve permitir sua visualização mesmo quando os sacos estiverem empilhados em um "pallet".

NOTA 4 A cor de preenchimento do fundo da borda (região entre a linha tracejada e o quadro principal) da etiqueta deve ser conforme abaixo:

Antierosivo Cl. A	Vermelho vivo (Pantone 485C)
Antierosivo Cl. B	Marrom (Pantone 463C)
Antierosivo Cl. C	Laranja (Pantone 164C)
Regular Cl. A	Verde escuro (Pantone 575C)
Regular Cl. B	Verde claro (Pantone 578C)
Alta alumina	Cinza (Pantone 422C)
Plástico (Al-70, Al-80 e Al-90)	Lilás (Pantone 252C)
Semi-isolante	Amarelo (Pantone 101C)
Isolante Cl. A	Azul escuro (Pantone 288C)
Isolante Cl. B	Azul médio (Pantone 284C)
Isolante Cl. C	Azul claro (Pantone 290C)

Figura D.1 - Etiqueta de Identificação

ÍNDICE DE REVISÕES	
REV. A, B, C, D, E, F, G e H	
Não existe índice de revisões.	
REV. J	
Partes Atingidas	Descrição da Alteração
2	Revisado
4.2.1 a 4.2.2	Revisados
4.2.5	Revisado
4.2.6	Incluído
4.3.1.3 a 4.3.1.4	Revisados
4.3.2	Revisado
5.1.2	Revisado
5.2	Revisado
FIGURAS B-1 e B-2	Revisadas
FIGURAS B-4 e B-5	Revisadas
FIGURAS B-9 a B-11	Revisadas
FIGURA B-12.2	Revisada
FIGURAS B-14 e B-15	Revisadas
FIGURAS B-16 e B-17	Incluídas
ANEXO C	Revisado
REV. K	
Partes Atingidas	Descrição da Alteração
Todas	Revisadas
REV. L	
Partes Atingidas	Descrição da Alteração
Todas	Revisadas