

CONTECComissão de Normalização
Técnica**SC-09**Isolamento Térmico e
Refratários**Projeto de Revestimentos de Concreto
Refratário**

1ª Emenda

Esta é a 1ª Emenda da PETROBRAS N-1910 REV. H e se destina a modificar o seu texto na(s) parte(s) indicada(s) a seguir:

NOTA 1 A nova página com a alteração efetuada está colocada na posição correspondente.

NOTA 2 A página emendada, com a indicação da data da emenda, está colocada no final da norma, em ordem cronológica, e não deve ser utilizada.

CONTEÚDO DA 1ª EMENDA - 09/2021

- Figura A.16 - Instalação para Grampos Tipo Coroa

Alteração da Figura..

Projeto de Revestimentos de 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.

CONTEC
Comissão de Normalização
Técnica

SC - 09

Isolamento Térmico
e Refratários

Sumário

1	Escopo.....	5
2	Referências Normativas	5
3	Termos e Definições.....	5
4	Condições Gerais	5
5	Seleção do Revestimento Refratário.....	7
5.1	Fornos	7
5.2	Chaminé	9
5.3	Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido - UFCC.....	9
5.3.1	Regenerador	9
5.3.2	Vaso Separador (Reator).....	9
5.3.3	“Riser”.....	9
5.3.4	“Stripper” Externo ao Regenerador.....	10
5.3.5	“Stripper” Interno ao Regenerador.....	10
5.3.6	Duto Catalisador Gasto (“Stand Pipe”)	10
5.3.6.1	Duto de Catalisador Gasto Externo ao Regenerador.....	10
5.3.6.2	Duto de Catalisador Gasto Interno ao Regenerador	10
5.3.7	Dutos de Gás	10
5.3.7.1	Duto de CO – UFCC	10
5.3.7.2	Duto de Gás de Combustão - URFCC	11
5.3.8	Câmara de Orifícios	11
5.3.9	Potes de Selagem.....	11
5.3.10	Vaso do 3º Estágio de Separação	11
5.3.11	Resfriador de Catalisador (“Cat Cooler”)	11
5.3.12	Válvula “Diverter”	12
6	Seleção, Distribuição e Fixação de Dispositivos de Ancoragem	12
	Tabela 1 - Material dos Dispositivos de Ancoragem para UFCC.....	12
6.1	Malhas Hexagonais e Articuladas.....	13
6.2	Grampo “V”.....	13
6.3	Grampo “Y”.....	14

6.4 Grampo "S"	14
6.5 Mudanças de Direção	14
6.6 Grampo "Coroa"	14
6.7 Grampo "C"	14

Anexo

Anexo A - Figuras	15
-------------------------	----

Figuras

Figura A.1 - Revestimento Refratário em Forno	15
Figura A.2 - Revestimento Refratário em Sistema de Pré-Aquecimento de Ar de Forno	16
Figura A.3 - Corbel	17
Figura A.4 - Unidade de Craqueamento Fluido Catalítico	18
Figura A.4.1 - Tipo "Orthoflow"	18
Figura A.4.2 - Tipo "Side by Side"	19
Figura A.5 - Fixação da Malha	20
Figura A.5.1 - Hexagonal Tipo I para Camada Única	20
Figura A.5.2 - Hexagonal Tipo II para Camada Única	21
Figura A.5.3 - Hexagonal Tipo II para Camada Única (Regiões Sujeitas a Formação de Coque e/ou Vibrações)	22
Figura A.5.4 - Articulada para Camada Única	23
Figura A.5.5 - Articulada para Camada Única (Regiões Sujeitas a Formação de Coque e/ou Vibrações)	24
Figura A.6 - Fixação da Malha Hexagonal Tipo II para Camada Dupla	25
Figura A.7 - Instalação de Painel de Malha Hexagonal	26
Figura A.8 - União de Painéis de Malhas Hexagonais	27
Figura A.9 - Detalhes de Mudança de Direção de Painéis de Malha	28
Figura A.10 - Detalhes de Transição de Dupla Camada para Camada Única	29
Figura A.11 - Instalação de Grampo "V"	30
Figura A.12 - Instalação de Grampo "Y"	31
Figura A.13 - Instalação de Grampos "V" e "Y" em Teto com Revestimento em Dupla Camada	32
Figura A.14 - Instalação de Grampo "S"	33

Figura A.14.1 - Detalhes A e B	33
Figura A.14.2 - Detalhes C, D e E.....	34
Figura A.14.3 - Detalhes de Solda de Campo	35
Figura A.15 - Instalação da Malha, Tipo II em Painéis Independentes (Regiões Sujeitas a Formação de Coque e Susceptíveis a Estufamento)	36
Figura A.16 - Instalação para Grampos Tipo Coroa	37
Figura A.17 - Instalação Grampo C.....	38

Tabelas

Tabela 1 - Material dos Dispositivos de Ancoragem para UFCC.....	12
--	----

1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis no projeto de revestimentos de concreto refratário para fornos e seus dutos, chaminés, vasos de pressão e equipamentos de Unidades de Craqueamento Catalítico (UFCC e URFCC), incluindo a seleção de materiais e detalhamento do sistema de ancoragem.

1.2 Esta Norma se aplica a projetos iniciados a partir da data de sua edição e também em equipamentos já existentes, quando de 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-133](#) - Soldagem;

PETROBRAS [N-1617](#) - Aplicação de Concreto Refratário;

PETROBRAS [N-1728](#) - Concreto Refratário;

PETROBRAS [N-1890](#) - Revestimentos Internos de Fibra de Cerâmica;

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

ABNT [NBR 10662](#) - Isolantes Térmicos Pré-Moldados de Silicato de Cálcio – Especificação;

ASME [BPVC Section IX](#) - Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators;

API [STD 560](#) - Fired Heaters for General Refinery Services.

3 Termos e Definições

Para os efeitos deste documento aplicam-se os termos e definições das PETROBRAS [N-1728](#) e ABNT [NBR 8826](#).

4 Condições Gerais

4.1 Todos os materiais refratários a serem utilizados devem estar de acordo com a PETROBRAS [N-1728](#) e serem aplicados de acordo com a PETROBRAS [N-1617](#).

4.2 A espessura de qualquer camada de concreto deve ser de, no mínimo, 50 mm, exceto para o concreto denso, aplicado em malha hexagonal ou articulada, ou em grampos independentes para revestimentos com até 25 mm de espessura.

4.3 A soldagem de dispositivos de ancoragem deve ser realizada de acordo com a PETROBRAS [N-133](#) e com a ASME [BPVC Section IX](#).

4.3.1 O processo de “Stud Welding” pode ser usado como alternativa aos processos convencionais de soldagem em fornos e seus dutos, chaminés, regenerador e dutos de gases de combustão da UFCC (exceto em curvas de gomos). **[Prática Recomendada]**

4.3.2 A utilização do processo de “Stud Welding” não é permitida em revestimentos aplicados pelo método de vibração externa ou em regiões sujeitas a vibração, choque térmico e formação de coque.

4.4 Quando especificado, o grampo “V” pode ser simples ou ondulado conforme PETROBRAS [N-1728](#).

4.5 Quando a primeira camada for constituída de silicato de cálcio, placa de fibra cerâmica ou concretos isolantes deve-se aplicar sobre esta uma pintura impermeabilizante de base PVA (Acetato de Polivinil), ou revesti-la com lona plástica de polietileno de 0,10 mm de espessura, com sobreposição de 50 mm.

4.6 Devem existir, obrigatoriamente, juntas de dilatação em concretos aplicados em peças metálicas (bocais, tubulações e suportes) que atravessem paredes refratárias, devendo atender aos seguintes requisitos:

- a) a junta de dilatação deve ser preenchida com papel de fibra cerâmica (PETROBRAS [N-1890](#));
- b) o papel de fibra cerâmica de preenchimento da junta de dilatação deve envolver toda a superfície metálica;
- c) a abertura mínima da junta de dilatação deve ser de 3 mm;
- d) a superfície do papel de fibra cerâmica em contato com o concreto deve ser revestida com folha de alumínio de 0,05 mm de espessura ou lona de polietileno de 0,10 mm, com sobreposição mínima de 50 mm e fixação com fita adesiva.

4.7 O projetista deve calcular e definir a necessidade e localização de juntas de dilatação, que devem ser de acordo com 4.6.

4.8 De forma a permitir livre dilatação, os grampos “V”, “Y” e tridente devem receber nas extremidades revestimentos de mangueira plástica ou “cap” plástico, de forma a obter-se um revestimento com 1 mm de espessura e 30 mm de comprimento.

4.9 A adoção ou não de agulhas metálicas no projeto de novos equipamentos fica a critério do projetista, a exceção das regiões sujeitas à vibração e formação de coque, onde a adoção de agulhas metálicas é obrigatória.

4.9.1 Não devem ser adicionadas agulhas metálicas nos seguintes casos:

- a) na primeira camada em revestimentos em camada dupla;
- b) em temperatura de operação superiores a 1 000 °C;
- c) em concretos antierosivos aplicados por socagem manual.

4.9.2 Para regiões sujeitas à formação de coque, deve ser adicionado 4% (em massa) de agulhas metálicas, tanto para concretos densos quanto isolantes, salvo as exceções do 4.9.1

4.9.3 Para regiões não sujeitas à formação de coque, recomenda-se a adição de, no máximo, 3% (em massa) de agulhas metálicas em concretos densos e 4% em isolantes, salvo as exceções do 4.9.1. **[Prática Recomendada]**

4.10 Nas superfícies a serem refratadas, sujeitas à corrosão por condensação de gases contendo compostos de enxofre deve ser aplicada proteção anticorrosiva na chaparia.

4.11 Quando houver a modificação do layout de dutos ou instalação de acessórios (válvulas, juntas de expansão, flanges, suportes etc.), o detalhamento do projeto deve avaliar a possibilidade de danos causados pela alteração da flexibilidade e do comportamento dinâmico (vibração) do sistema. Caso seja identificado que o projeto original do revestimento refratário não é adequado para a nova condição de serviço, ações para garantia da integridade do duto devem ser tomadas (alteração da especificação do concreto refratário, do teor de agulhas metálicas, do sistema de ancoragem ou até mesmo a adoção de “parede quente”).

4.12 Para emendas de campo com espessuras iguais ou superiores a 50 mm, devem ser atendidos os seguintes requisitos:

- a) Para espaçamentos maiores que 80 mm entre faces, deve ser prevista a instalação de grampos de ancoragem;
- b) Para o caso da aplicação de concreto por derramamento na emenda de campo, devem ser tomados cuidados em relação à inclinação das bordas, para se evitar a formação de bolsões de ar;
- c) Para o caso da aplicação de concreto por socagem ou projeção pneumática na emenda, a inclinação das bordas deve ser para dentro do concreto (chanfro negativo).

5 Seleção do Revestimento Refratário

5.1 Fornos

5.1.1 Na zona de radiação (ver Figura A.1, do Anexo A) podem ser adotados os seguintes critérios: **[Prática Recomendada]**

- a) fornos operando com temperatura de parede inferior ou igual a 1 000 °C:
 - camada única de concreto isolante, classe A ou B, com ou sem agulha, ancorada por grampo “V” e desde que a espessura total do revestimento não exceda 200 mm;
 - no caso de impossibilidade de utilização de camada única, adotar camada dupla, sendo a 1ª camada de concreto isolante, classe B ou C, ou silicato de cálcio (ABNT [NBR 10662](#), Tipo III) ou placa de fibra cerâmica (PETROBRAS [N-1890](#)), e a 2ª camada de concreto isolante, classe A ou B, com ou sem agulha, ancoradas por grampo “Y”;
- b) fornos operando com temperatura de parede entre 1 000 °C e 1 200 °C: camada dupla, sendo a 1ª camada de concreto isolante, classe A ou B, ou silicato de cálcio (ABNT [NBR 10662](#), Tipo III) ou placa de fibra cerâmica (PETROBRAS [N-1890](#)), e a 2ª camada de concreto semi-isolante, ancoradas por grampo “Y”.

NOTA 1 Na região do piso a última camada deve ser constituída de tijolos refratários densos sílico-aluminosos, ou concreto denso regular, ou concreto semi-isolante, sendo dispensável nas demais camadas a utilização de dispositivos de ancoragem e de agulhas metálicas.

NOTA 2 Não utilizar silicato de cálcio e placa de fibra cerâmica como a 1ª camada em tetos ou em zonas de transição (quinas) de teto para convecção.

5.1.2 A seleção do concreto deve ser feita levando-se em consideração as condições operacionais do forno, atentando-se principalmente para a temperatura de operação, teores de enxofre e/ou vanádio e teores de materiais fundentes presentes nos óleos combustíveis queimados no forno.

5.1.3 Recomenda-se que os blocos primários e secundários de queimadores sejam fabricados com refratário aluminoso com cone pirométrico equivalente igual ou superior ao “Cone Orton” 34 (temperatura de 1 763 °C). **[Prática Recomendada]**

NOTA Para queimadores que apresentem desgaste excessivo dos blocos, recomenda-se a utilização de peças conformadas e de mulita. **[Prática Recomendada]**

5.1.4 Na zona de transição da radiação para a convecção (ver Figura A.1 do Anexo A) pode ser utilizado o mesmo critério adotado na radiação. **[Prática Recomendada]**

5.1.5 Na zona de convecção (ver Figura A.1 do Anexo A) devem ser adotados os seguintes critérios:

- a) camada única de concreto isolante, classe A, classe B ou concreto semi-isolante (ver 5.1.2), com ou sem agulha, ancorada por grampo "V", desde que a espessura do revestimento não exceda 150 mm;
- b) no caso de impossibilidade de utilização de camada única, adotar a camada dupla, sendo a 1ª camada de concreto isolante, classe B ou C ou silicato de cálcio (ABNT [NBR 10662](#), Tipo III) ou placa de fibra cerâmica (PETROBRAS [N-1890](#)), e a 2ª camada de concreto isolante, classe A ou B ou concreto semi-isolante (ver 5.1.2), com ou sem agulha, ancoradas por grampo "Y".

5.1.6 Na zona de transição entre a convecção e a chaminé (coifa), em dutos de gás quente e em dutos de gás frio (ver Figuras A.1 e A.2 do Anexo A) pode ser adotada camada única de concreto isolante, classe A ou B, ou concreto semi-isolante (conforme 5.1.2), com ou sem agulha, ancorada por grampo "V". **[Prática Recomendada]**

5.1.7 No duto de ar quente (ver Figura A.2 do Anexo A) pode ser adotada camada única de concreto isolante, classe A ou B, com ou sem agulha, ancorada por grampo "V". **[Prática Recomendada]**

5.1.8 Nos blocos secundários de queimadores e nos encontros de chaparia e topos de paredes, tetos e pisos, bem como no encontro de paredes, tetos e pisos entre si, e na montagem entre módulos pré-fabricados, deve existir uma junta de dilatação (ver Figura A.1 do Anexo A), atendendo aos seguintes requisitos:

- a) a junta de dilatação deve ser preenchida com manta de fibra cerâmica (PETROBRAS [N-1890](#)) dobrada e compactada;

NOTA 1 A junta de dilatação entre módulos pré-fabricados deve ser instalada antes da montagem dos módulos.

- b) a abertura da junta de dilatação deve ser de 12 mm;

NOTA 2 Para junta de dilatação entre módulos pré-fabricados, admite-se uma abertura de até 20 mm.

- c) a superfície da manta de fibra cerâmica em contato com o concreto deve ser revestida com folha de alumínio de 0,05 mm de espessura ou lona de polietileno de 0,10 mm, com sobreposição mínima de 50 mm e fixação com fita adesiva.

NOTA 3 Admite-se a dispensa do revestimento da manta de fibra cerâmica em juntas de dilatação de módulos pré-fabricados.

5.1.9 Na região dos corbéis o refratamento deve ser feito conforme Figura A.3 do Anexo A, adotando-se o mesmo critério da zona de convecção, substituindo a ancoragem na linha dos corbéis por grampo tridente.

5.2 Chaminé

Nas chaminés (ver Figura A.1 do Anexo A), deve ser adotada camada única de concreto isolante, classe A, ou concreto semi-isolante (conforme 5.1.2), com ou sem agulha, ancorada por grampo “V”.

5.3 Unidade de Craqueamento Catalítico Fluido - UFCC

5.3.1 Regenerador

No regenerador (ver Figura A.4 do Anexo A) devem ser adotados os seguintes critérios:

- a) costado: camada única de concreto isolante, classe A, com ou sem agulha, ancorada por grampo “V”;
- b) distribuidor de ar (“pipe grid”): camada única de concreto antierosivo, classe A ou B, ancorado por grampos “C”, Coroa ou “S”, malha hexagonal tipo I ou II, ou malha articulada;
- c) ciclones: camada única de concreto antierosivo, classe A, sem agulha, ancorada por malha hexagonal tipo I ou II.

5.3.2 Vaso Separador (Reator)

No vaso separador (ver Figura A.4 do Anexo A) devem ser adotados os seguintes critérios:

- a) costado de parede fria: camada única de concreto semi-isolante ou concreto isolante classe A, com agulha, ancorada por grampo “V” ou “V ondulado”;
- b) costado de parede quente: camada única de concreto antierosivo classe A ou B, sem agulha, ancorada por malha hexagonal tipo II ou malha articulada;
- c) ciclones: camada única de concreto antierosivo, classe A ou B, sem agulha, ancorada por malha hexagonal tipo II ou malha articulada.

5.3.3 “Riser”

Em função do tipo de parede do “riser” (ver Figura A.4 do Anexo A), deve ser adotado um dos seguintes critérios:

- a) costado de parede fria: camada única de concreto antierosivo baixo cimento, classe C, com agulha, ancorada por grampo “V ondulado” e aplicado por vibração externa. Para juntas de campo, utilizar concreto antierosivo, classe C, aplicado por fluência livre ou antierosivo, classe A, aplicado por socagem manual.

NOTA 1 No crossover também pode ser adotado revestimento em dupla camada, sendo a 1ª de concreto denso antierosivo, classe A, sem agulha, ancorada por grampos “C”, Coroa ou “S” e a 2ª camada de concreto antierosivo baixo cimento, classe C, com agulha, ancorada por grampo “V” ondulado e aplicada por fluência livre. **[Prática Recomendada]**

NOTA 2 Na peça “Y” ou “J” também pode ser adotado revestimento em camada única de concreto antierosivo de baixo cimento, classe C, com agulha, ancorada por grampo “V” ondulado e aplicada por fluência livre ou vibração externa. **[Prática Recomendada]**

- b) costado de parede quente: camada única de concreto antierosivo, classe A ou B, sem agulha, ancorada por malha hexagonal tipo II.

5.3.4 “Stripper” Externo ao Regenerador

Em função do tipo de parede do “stripper” (ver Figura A.4 do Anexo A), deve ser adotado um dos seguintes critérios:

- a) costado de parede fria: camada única de concreto semi-isolante ou isolante classe A, com agulhas, ancorada com grampo “V”;
- b) costado de parede quente: camada única de concreto antierosivo classe A, ancorada com malha hexagonal tipo I ou II, malha articulada ou grampo “C”.

5.3.5 “Stripper” Interno ao Regenerador

Nesta configuração, o “stripper” possui 2 partes. Uma entre o cone do vaso separador até a entrada do regenerador (parte externa) e outra interna ao regenerador (parte interna):

- a) parte externa (parede fria): camada única de concreto semi-isolante ou isolante classe A, com agulhas, ancorada com grampo “V”;
- b) parte interna (parede quente):
 - lado interno: camada única de concreto antierosivo classe A, ancorada com malha hexagonal tipo I ou II, malha articulada ou grampo “C”;
 - lado externo: camada única de concreto semi-isolante ou isolante classe A, com agulhas, ancorada com grampo “V” e sobre o concreto chapa perfurada, conforme as Notas 1 e 2.

NOTA 1 Chapa perfurada; aço inox 304, furos redondos com diâmetro de 2 pol, disposição alternada, espessura 1/8 pol, largura 1 200 mm, comprimento 2 000 mm e distância entre centros de furos de 3 pol.

NOTA 2 A fixação da chapa perfurada é feita por pinos roscado (tipo mesa) de inox 304, espaçados de 500 mm x 500 mm, com altura de 50 mm maior que a espessura da camada de concreto (a parte roscada teve ter, no mínimo, 60 mm), de modo a permitir a colocação da chapa perfurada e sobrar pino para a colocação da respectiva mesa e para a realização da solda de travamento da mesa com o pino (ponteamto).

5.3.6 Duto Catalisador Gasto (“Stand Pipe”)

5.3.6.1 Duto de Catalisador Gasto Externo ao Regenerador

- a) conforme a) do 5.3.3 (parede fria);
- b) conforme b) do 5.3.3 (parede quente).

5.3.6.2 Duto de Catalisador Gasto Interno ao Regenerador

Conforme b) do 5.3.5.

5.3.7 Dutos de Gás

Nos dutos de gás (ver Figura A.4 do Anexo A) podem ser adotados os critérios descritos em 5.3.7.1 e 5.3.7.2. **[Prática Recomendada]**

5.3.7.1 Duto de CO – UFCC

- a) camada única de concreto antierosivo, classe C, com ou sem agulha, ancorada por grampo “V”, tendo a espessura igual ou superior a 75 mm;

b) camada dupla, sendo a 1ª camada de concreto isolante, classe A, a 2ª camada em concreto antierosivo, classe C, com ou sem agulha, ancoradas por grampo “Y”, e a 2ª camada deve ter espessura igual ou superior a 75 mm.

NOTA Pode ser utilizado camada única de concreto isolante classe A ou semi-isolante, com ou sem agulha ancorada por grampo “V”, com espessura igual ou superior a 75 mm, desde que, seja garantida a baixa erosividade dos gases. **[Prática Recomendada]**

5.3.7.2 Duto de Gás de Combustão - URFCC

- a) trecho entre o regenerador e 3º estágio: camada dupla, sendo a 1ª camada de concreto isolante, classe A, a 2ª chamada em concreto antierosivo, classe C, com ou sem agulha, ancoradas por grampo “Y” e a 2ª camada deve ter espessura igual ou superior a 75 mm;
- b) trecho após o 3º estágio: camada única de concreto semi-isolante ou isolante classe A, com ou sem agulha, ancorado por grampo “V”.

5.3.8 Câmara de Orifícios

Na câmara de orifícios (ver Figura A.4, do Anexo A) podem ser adotados os seguintes critérios: **[Prática Recomendada]**

- a) região sem camisa: camada única de concreto regular, classe A, ou concreto antierosivo, classe C, com agulha, ancorada por grampo “V”;

NOTA Para região sujeita a vibração (a jusante da válvula “slide”) o concreto refratário deve ser ancorado por grampo “V ondulado” revenido.

- b) região com camisa: camada única de concreto isolante, classe A ou B, com ou sem agulha, ancorada por grampo “V”;
- c) costado parede quente: camada única de concreto antierosivo classe A ou B, ancorado por malha hexagonal tipo II.

5.3.9 Potes de Selagem

Nos potes de selagem podem ser adotados os seguintes critérios: **[Prática Recomendada]**

- a) região abaixo do nível d’água: camada única de concreto antierosivo, classe C, com ou sem agulha, ancorada por grampo “V”;
- b) região acima do nível d’água: de acordo com uma das alternativas adotadas para os dutos de CO (conforme 5.3.7.1).

5.3.10 Vaso do 3º Estágio de Separação

No vaso do 3º estágio de separação (ver Figura A.4 do Anexo A) deve ser adotado os seguintes critérios:

- a) costado: de acordo com a) do 5.3.1;
- b) ciclone: de acordo com c) do 5.3.1.

5.3.11 Resfriador de Catalisador (“Cat Cooler”)

No resfriador de catalisador (ver Figura A.4 do Anexo A), os critérios devem ser de acordo com a) do 5.3.3.

5.3.12 Válvula “Diverter”

Na válvula (ver Figura A.4 do Anexo A) devem ser adotados os seguintes critérios:

- a) costado: de acordo com a) do 5.3.3;
- b) disco: de acordo com c) do 5.3.1.

NOTA Em regiões da UFCC onde a geometria não permite a instalação da malha especificada, a ancoragem pode ser feita utilizando grampos “C”, coroa ou “S”. **[Prática Recomendada]**

6 Seleção, Distribuição e Fixação de Dispositivos de Ancoragem

Na seleção do material dos dispositivos de ancoragem devem ser adotados os seguintes critérios:

- a) fornos: de acordo com a API [STD 560](#);
- b) UFCC: de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Material dos Dispositivos de Ancoragem para UFCC

Região		Material		
		Equipamento	Ancoragem protegida (grampo “V”, Y, etc.)	Ancoragem descoberta (malha hexagonal, articulada, grampo, C, L, S, U, coroa, etc.)
Regenerador:	Costado		SA-516 Gr 70 ou 60	AISI 304
	Internos		Inox 304H	AISI 304
	Câmara plena:	Externa	SA-516 Gr 70 ou 60	AISI 304
		Interna	Inox 304H	
Vaso separador/retificador:	Costado		SA-516 Gr 70 ou 60 SA-387 Gr 11 Cl 2	AISI 410S/304
	Internos		Aço Liga 11/4 Cr-1/2Mo	AISI 410S/304
	Câmara plena:	Externa	SA-516 Gr 70 ou 60	AISI 410S/304
		Interna	SA-387 Gr 11 Cl 2	
“Riser”:	Externo		SA-516 Gr 70 ou 60	AISI 304
	Interno		SA-387 Gr 11 Cl 2	AISI 410S
Resfriador de catalisador (“cat cooler”)			SA-516 Gr 70 ou 60	AISI 304
“Standpipe” de catalisador gasto:	Externo		SA-516 Gr 70 ou 60	AISI 410S/304
	Interno		SA-387 Gr 22 Cl 2	
“Standpipe” de catalisador regenerado			SA-516 Gr 70 ou 60	AISI 304
Válvula corrediça ou “plug”			Inox 304H	AISI 304
Seção de recuperação de gases:	Dutos		SA-240 Gr 304H	AISI 304
	Câmara de orifícios			
	Pote de selagem / válvula “diverter”			
Sistema de terceiro estágio (TSS):	Vaso terceiro estágio		SA-516 Gr 70 ou 60	AISI 304
	Internos		Inox 304H	
	4º Estágio		SA-240 Gr 304H	
	“Fine receiver”		SA-516 Gr 70 ou 60	
NOTA A decisão sobre a escolha do material da ancoragem deve ser efetuada em função do metal onde ela deve ser instalada e dos níveis de temperatura.				

6.1 Malhas Hexagonais e Articuladas

6.1.1 A fixação de malha para revestimentos em camada única deve estar conforme as Figuras A.5.1, A.5.2 e A.5.4 do Anexo A. Em regiões sujeitas a formação de coque e/ou vibração, a fixação da malha deve ser reforçada, devendo estar de acordo com as Figuras A.5.3 e A.5.5 do Anexo A.

6.1.2 A fixação de malha hexagonal, para camada dupla (ver Figura A.6 do Anexo A), pode ser conforme o seguinte esquema: **[Prática Recomendada]**

- a) distribuir os grampos de fixação (rosqueado ou soldado) em formação quadrado centrado, com espaçamento de 200 mm a 250 mm; em regiões sujeitas a formação de coque e/ou vibração; recomenda-se um espaçamento de 150 mm;
- b) posicionar a malha em cima dos grampos, executando a soldagem de fixação da malha aos grampos coincidentes, somente de um lado de cada tira, em toda a região de contato, no maior percurso.

NOTA Quando houver coincidência de 2 tiras, devem ser soldados os 2 lados.

6.1.3 Recomenda-se que as malhas fiquem dispostas, de maneira que o fluxo do produto seja o mais perpendicular possível às tiras que formam os hexágonos (ver Figuras A.5, A.6 e A.7 do Anexo A). **[Prática Recomendada]**

6.1.4 No caso de junção de 2 peças (na fase de montagem) previamente revestidas com malha, deve-se deixar sem revestimento (sem ancoragem), no mínimo 100 mm a partir da borda. Após a solda de campo das peças, completa-se o revestimento conforme Figura A.7 do Anexo A.

6.1.5 A emenda longitudinal entre malhas deve ser defasada no mínimo de 100 mm (ver Figura A.7 do Anexo A).

6.1.6 Para a união entre painéis de malhas podem-se usar as alternativas da Figura A.8 do Anexo A, sendo que as emendas devem ser soldadas ao costado.

6.1.7 As malhas de camada única, quando não unidas entre si, podem ter uma barra terminal e nas mudanças de direção, podem ter acabamento com grampos “L”, conforme Figura A.9 do Anexo A. **[Prática Recomendada]**

6.1.8 Em costado de reatores sujeitos a formação de coque e susceptível a estufamento e encavalamento, recomenda-se a instalação de malha em painéis independentes, com ou sem barra terminal conforme Figura A.15 do Anexo A. **[Prática Recomendada]**

6.1.9 No caso de transição de revestimento em dupla camada para revestimento em camada única, podem ser obedecidos os detalhes da Figura A.10 do Anexo A. **[Prática Recomendada]**

6.2 Grampo “V”

6.2.1 A distribuição e a fixação de grampos “V” devem ter formação triangular (ver Figuras A.11 do Anexo A).

6.2.2 Em regiões cilíndricas internas (exemplo: chaminés), o espaçamento da base dos grampos deve ser aumentado de tal forma que evite a interferência entre as extremidades de grampos adjacentes. Analogamente, em regiões cilíndricas externas (exemplo: “stand pipe” de UFCC), o espaçamento da base dos grampos deve ser reduzido de tal forma que evite o distanciamento excessivo entre as extremidades de grampos adjacentes.

6.3 Grampo “Y”

6.3.1 A distribuição e a fixação de grampos “Y” devem ter formação triangular (ver Figura A.12 do Anexo A).

6.3.2 No caso de tetos, além dos grampos “Y”, devem ser fixados grampos “V” auxiliares, dimensionados em função da espessura da 1ª camada (ver Figura A.13 do Anexo A).

6.3.3 Em regiões cilíndricas internas, o espaçamento da base dos grampos deve ser aumentado de tal forma que evite a interferência entre as extremidades de grampos adjacentes. Analogamente, em regiões cilíndricas externas, o espaçamento da base dos grampos deve ser reduzido de tal forma que evite o distanciamento excessivo entre as extremidades de grampos adjacentes.

6.4 Grampo “S”

6.4.1 A distribuição e a fixação de grampos “S” podem estar conforme Figura A.14 do Anexo A. **[Prática Recomendada]**

6.4.2 No caso de junção de 2 peças (montagem), previamente revestidas com grampos “S”, o acabamento pode ser feito conforme Figura A.14.3 do Anexo A. **[Prática Recomendada]**

6.5 Mudanças de Direção

Em mudanças de direção (plano) de painéis ancorados com malha hexagonal ou articulada, ou grampo “S”, “Coroa” ou “C”, deve-se realizar a transição com grampos “L”, conforme Figura A.9 do Anexo A.

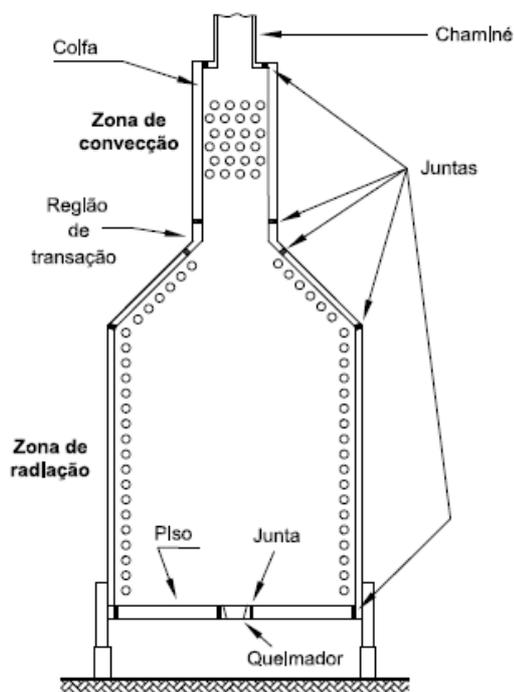
6.6 Grampo “Coroa”

Ver Figura A.16 do Anexo A.

6.7 Grampo “C”

Ver Figura A.17 do Anexo A.

Anexo A - Figuras



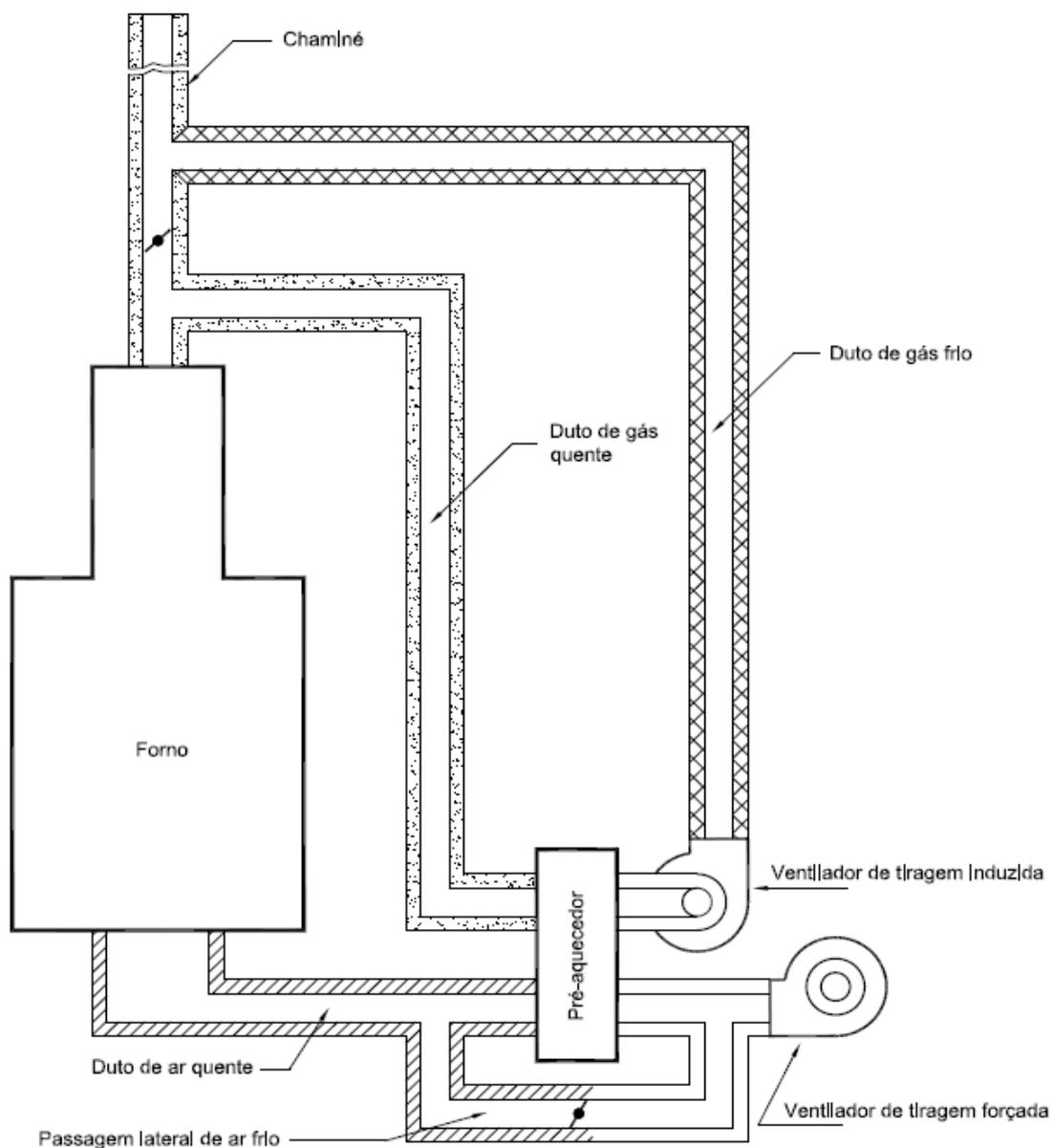
Reglão	Temperatura de parede (°C)	Número de camadas	Materal da 1ª camada	Materal da 2ª camada	Observação
Zona de radiação	$T \leq 1\ 000$	Única	Isolante A ou B	N/A	Até 200 mm de espessura
		Dupla	Isolante B ou C ou silicato cálcio ou placa de fibra cerâmica (ver Nota 3)	Isolante A ou B	
	$1\ 000 < T \leq 1\ 200$	Dupla	Isolante A ou B ou silicato cálcio ou placa de fibra cerâmica (ver Nota 3)	Semi-Isolante	
Transição radiação-convecção	$T \leq 1\ 000$	Única	Isolante A ou B	N/A	Até 200 mm de espessura
		Dupla	Isolante B ou C	Isolante A ou B	
	$1\ 000 < T \leq 1\ 200$	Dupla	Isolante A ou B	Semi-Isolante	
Zona de convecção		Única	Isolante A ou B ou semi-Isolante	N/A	Até 150 mm de espessura
		Dupla	Isolante B ou C ou silicato cálcio ou placa de fibra cerâmica	Isolante A ou B ou semi-Isolante	
Colfa		Única	Isolante A ou B ou semi-Isolante	N/A	N/A
Chamlné		Única	Isolante A ou semi-Isolante	N/A	N/A
Pliso		Dupla ou tripla	Isolante A ou B ou C ou semi-Isolante	Regular ou semi-Isolante ou tijolo denso	Para tripla camada; utilizar silicato de cálcio como 1ª camada
Quelmador		N/A	Refratário aluminoso ou mullita	N/A	CPE ≥ 34
Juntas de dilatao		N/A	Manta de fibra cerâmica	N/A	12 mm de espessura

NOTA 1 Para revestimentos com silicato de cálcio ou placa de fibra cerâmica, usar sistema de ancoragem da Figura A.12

NOTA 2 Para revestimentos compostos somente por concretos, usar sistema de ancoragem das Figuras A.12 ou A.13,

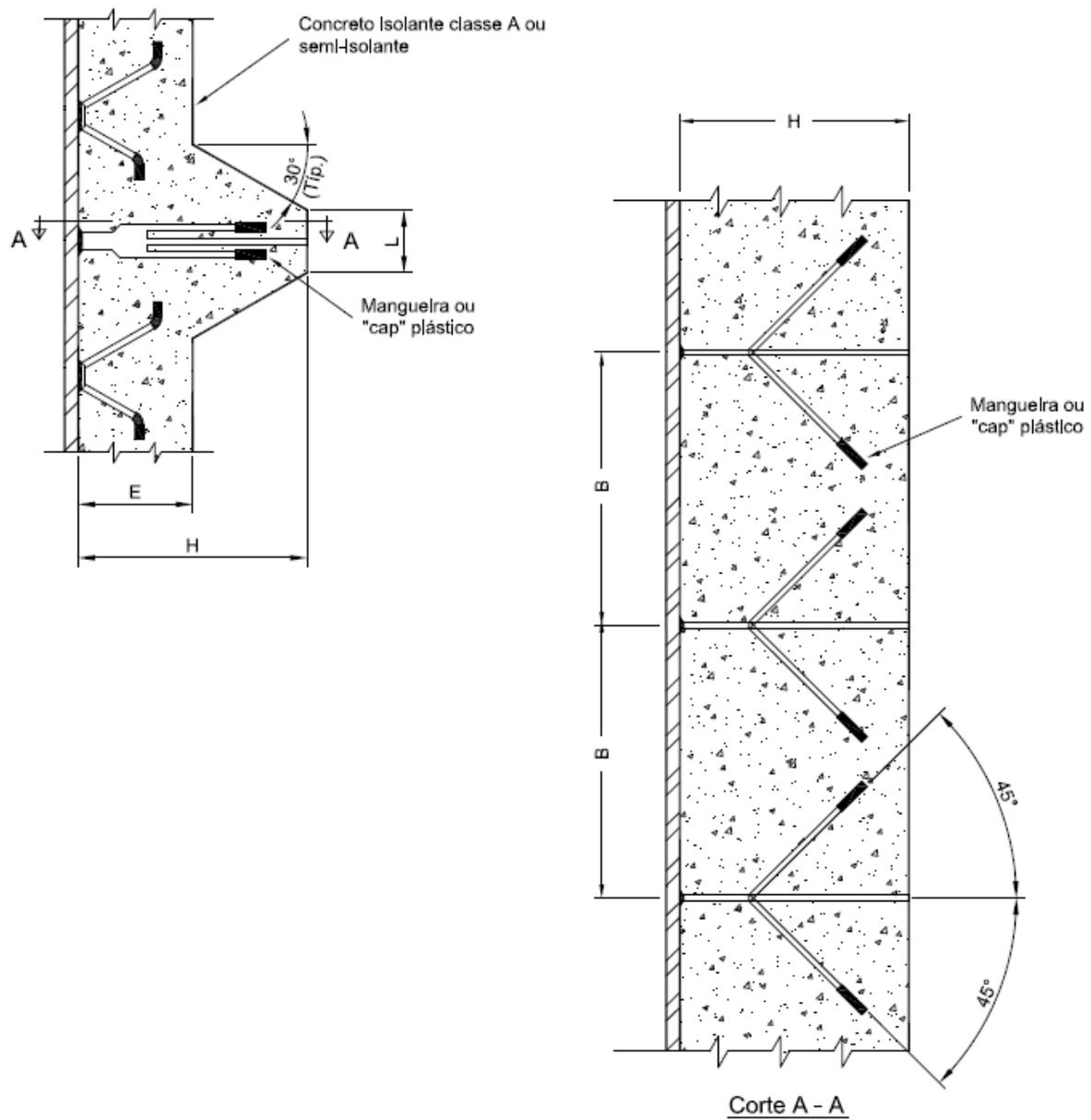
NOTA 3 Não utilizar silicato de cálcio ou placa de fibra cerâmica como 1ª camada em tetos ou na região de transição para a

Figura A.1 - Revestimento Refratário em Forno



Local	Material
Duto de gás quente	Isolante A ou B ou semi-Isolante
Duto de gás frio	Isolante A ou B ou semi-Isolante
Duto de ar quente	Isolante A ou B

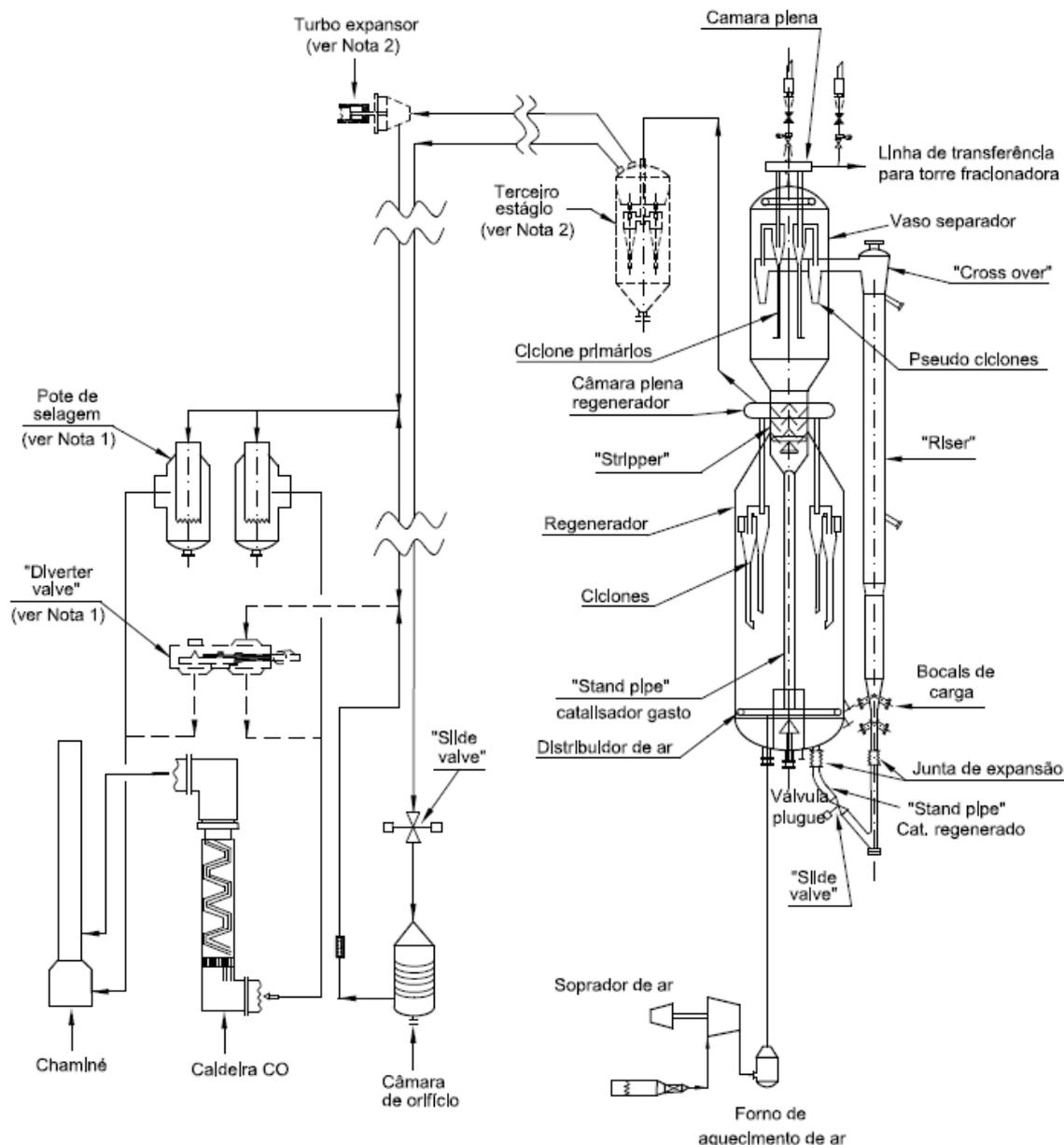
Figura A.2 - Revestimento Refratário em Sistema de Pré-Aquecimento de Ar de Forno



H e L ≡ Conforme projeto
E ≡ Espessura do revestimento
B = 1,2 H (no mínimo 200 mm)

NOTA Após soldagem dos grampos, abrir os dentes laterais conforme indicado no corte A-A.

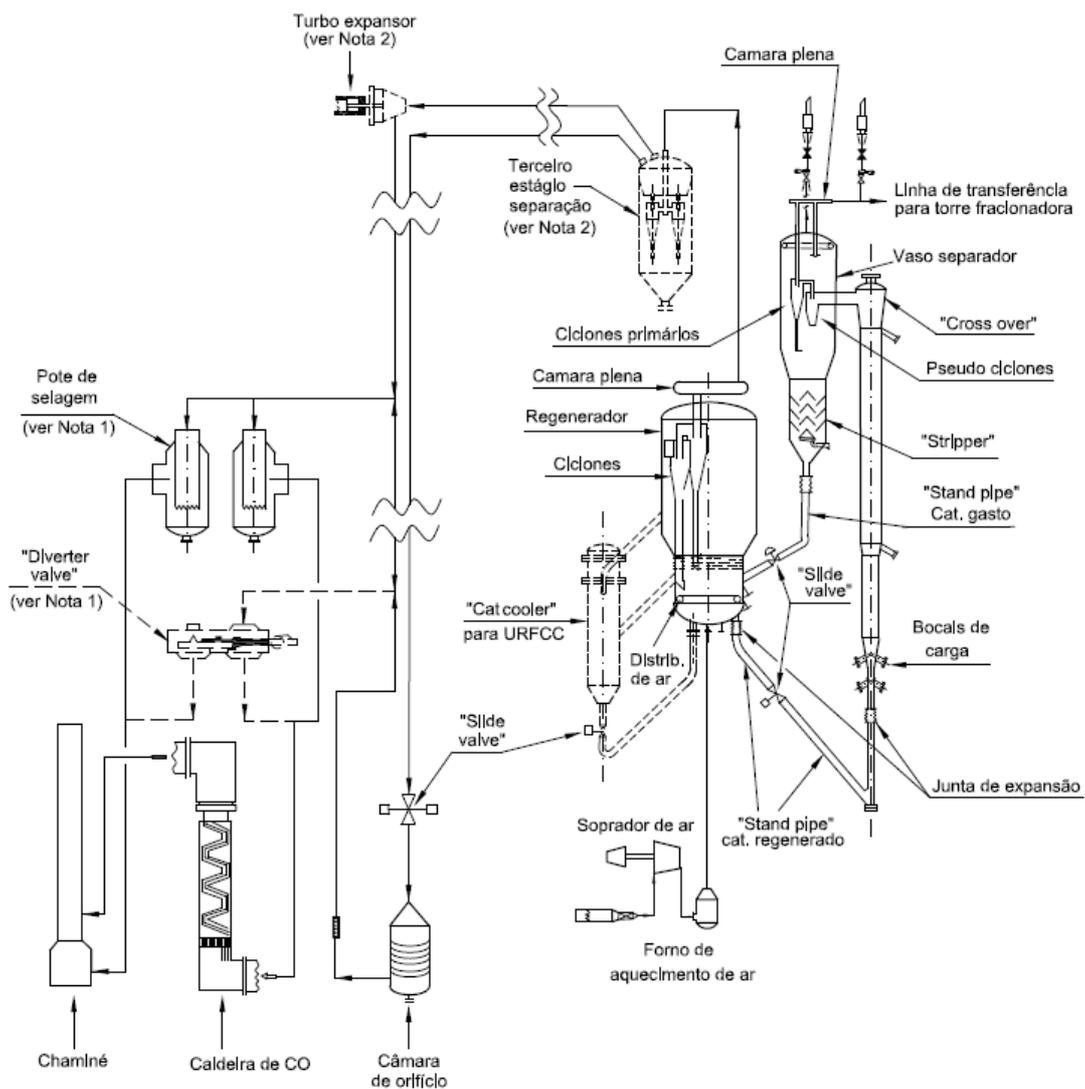
Figura A.3 - Corbel



NOTA 1 Conforme o projeto da unidade, deve haver somente potes de selagem ou "diverter valve".
NOTA 2 Equipamento inexistente em algumas unidades.

Figura A.4.1 - Tipo "Orthoflow"

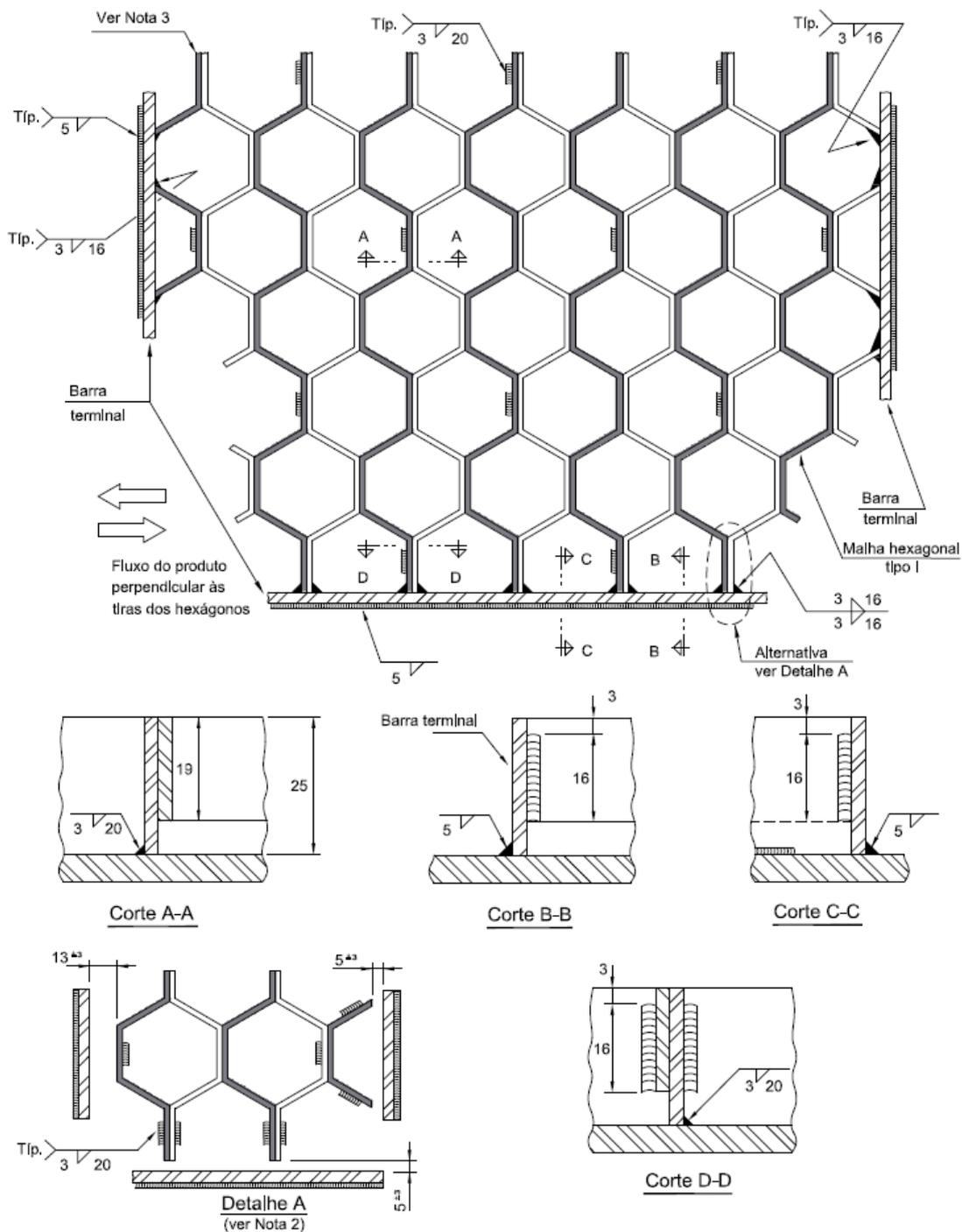
Figura A.4 - Unidade de Craqueamento Fluido Catalítico



NOTA 1 Conforme o projeto da unidade, deve haver somente potes de selagem ou "diverter valve".
NOTA 2 Equipamento inexistente em algumas unidades.

Figura A.4.2 - Tipo "Side by Side"

Figura A.4 - Unidade de Craqueamento Fluido Catalítico



- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
- NOTA 2 Alternativamente, admite-se a soldagem das extremidades da malha hexagonal diretamente no costado, evitando a soldagem na barra terminal.
- NOTA 3 As tiras grafadas em cinza representam as de 25 mm de largura.

Figura A.5.1 - Hexagonal Tipo I para Camada Única
Figura A.5 - Fixação da Malha

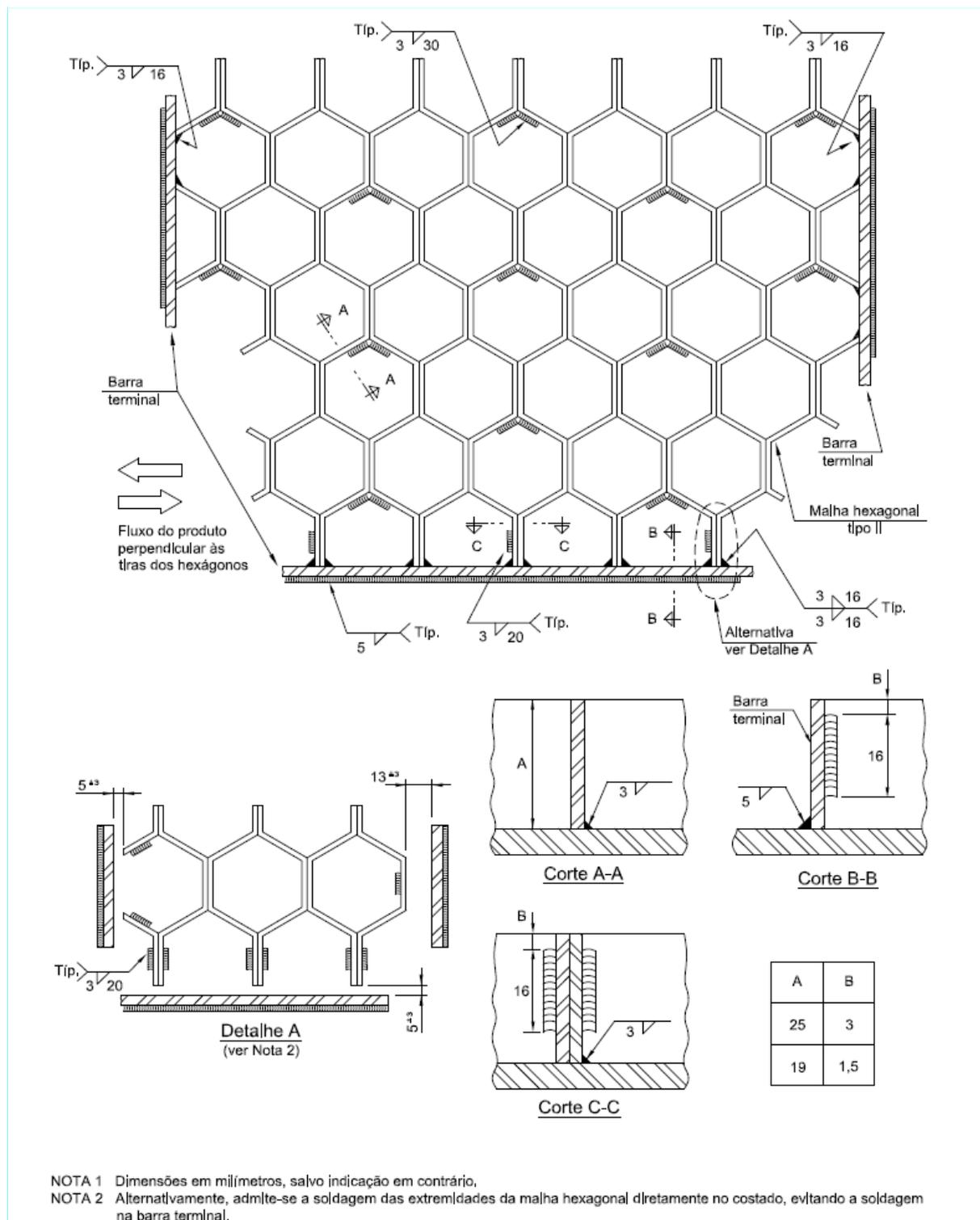
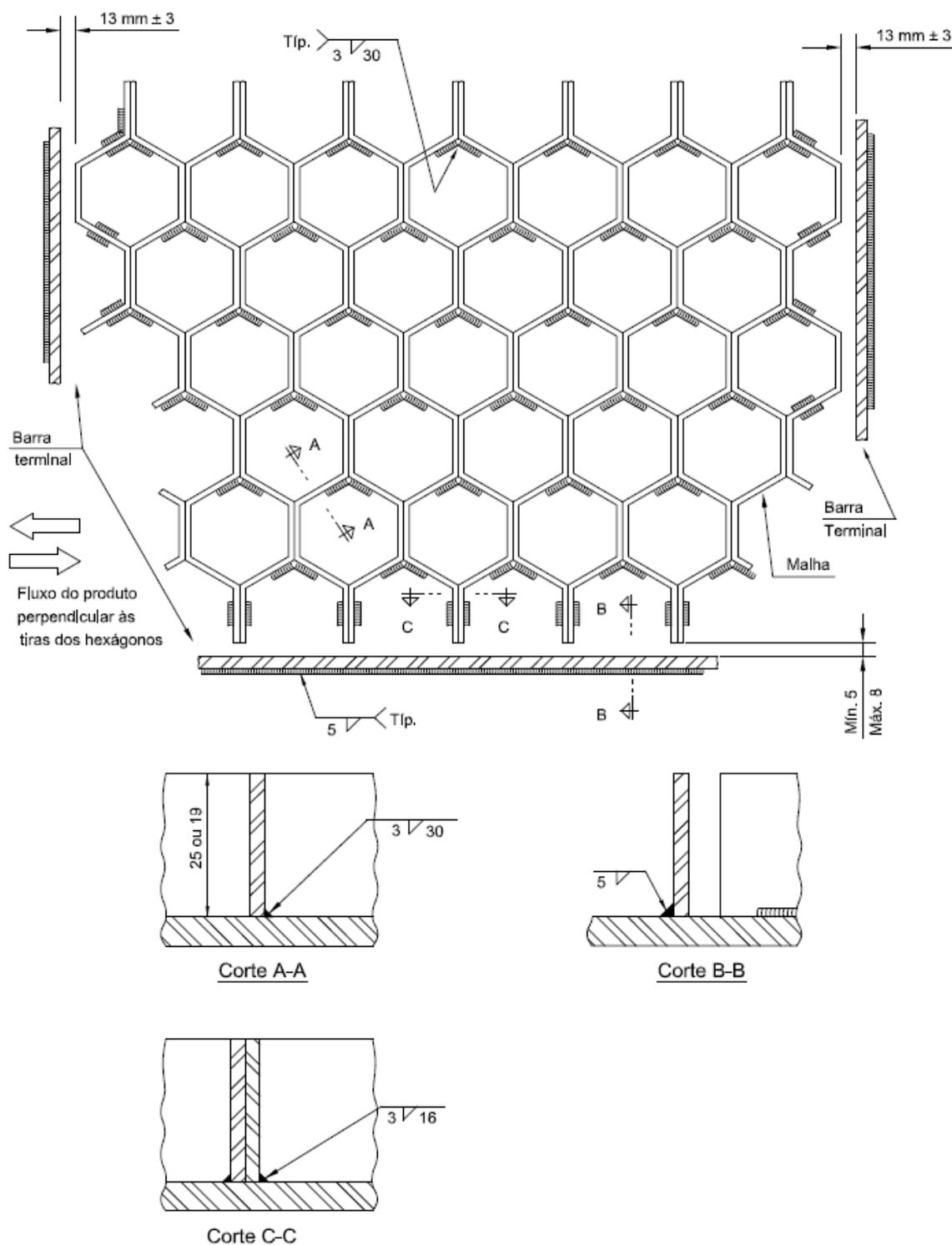


Figura A.5.2 - Hexagonal Tipo II para Camada Única

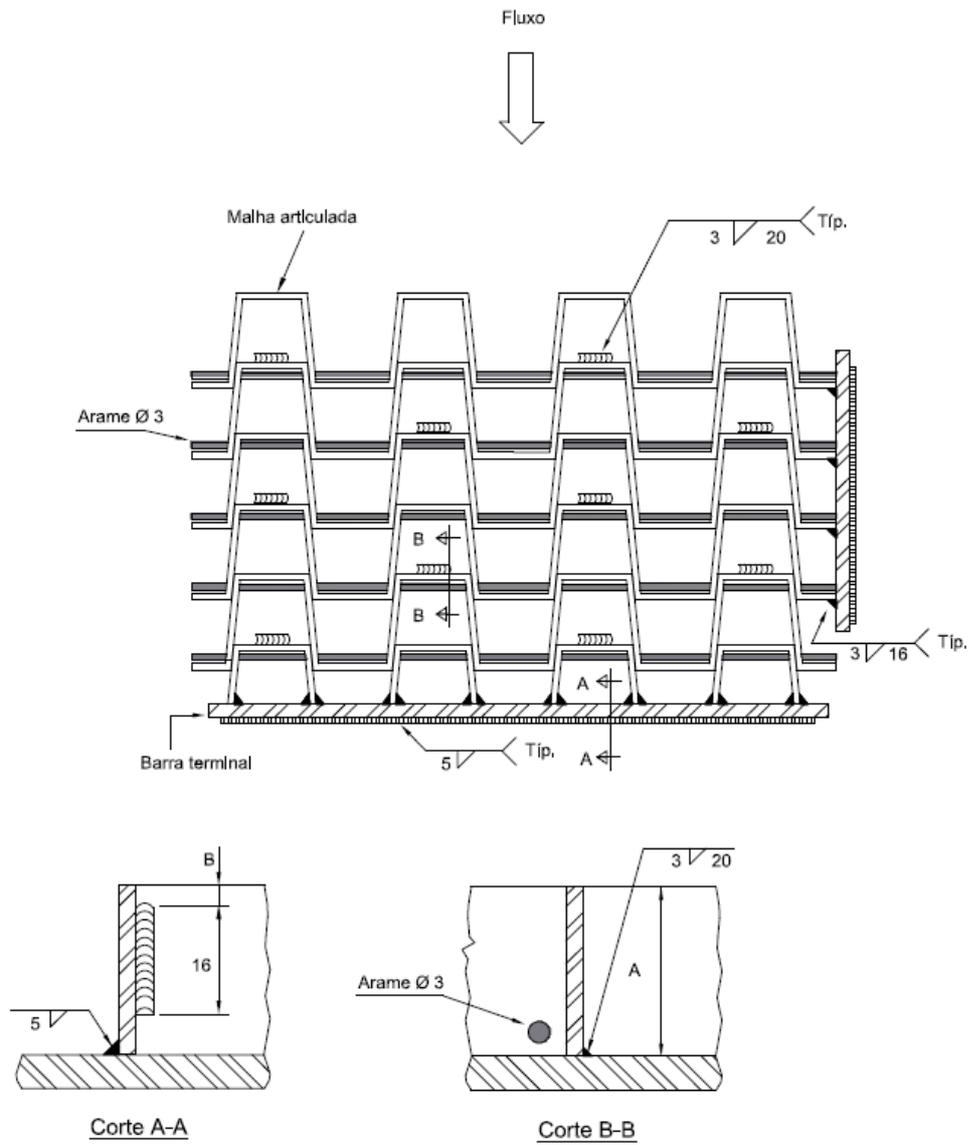
Figura A.5 - Fixação da Malha



NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

Figura A.5.3 - Hexagonal Tipo II para Camada Única (Regiões Sujetas a Formação de Coque e/ou Vibrações)

Figura A.5 - Fixação da Malha

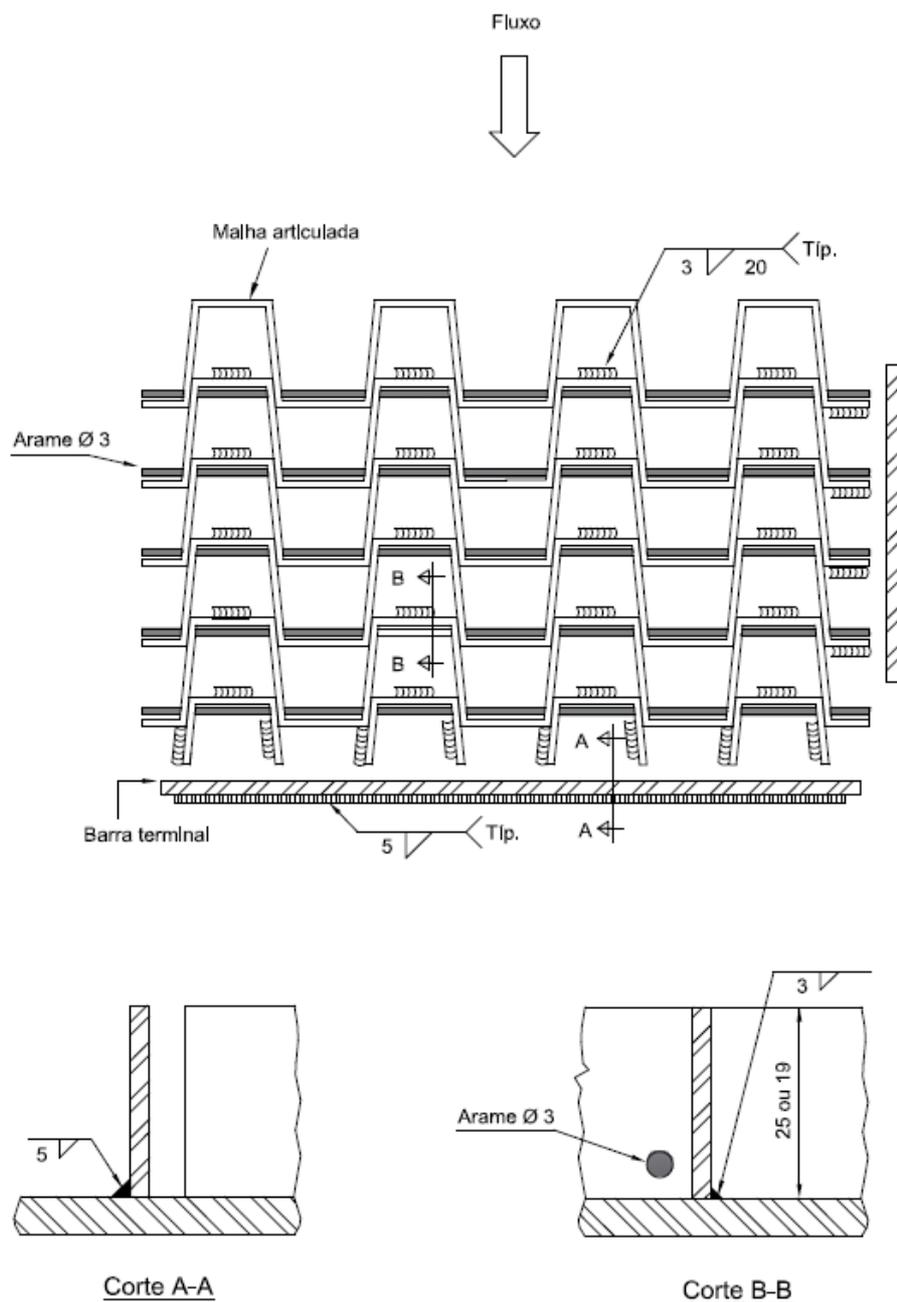


A	B
25	3
19	1,5

NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em comentário.

Figura A.5.4 - Articulada para Camada Única

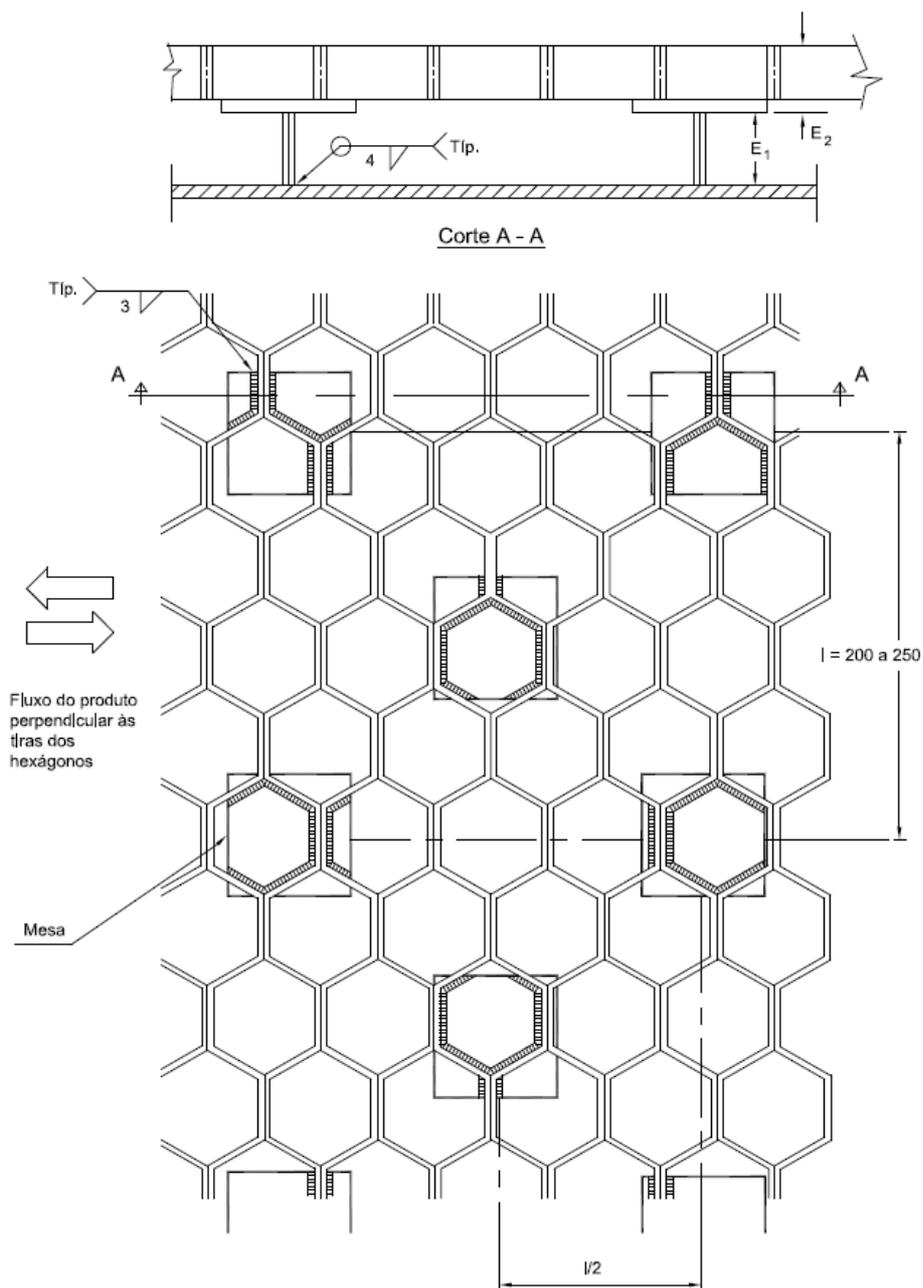
Figura A.5 - Fixação da Malha



NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

Figura A.5.5 - Articulada para Camada Única (Regiões Sujetas a Formação de Coque e/ou Vibrações)

Figura A.5 - Fixação da Malha

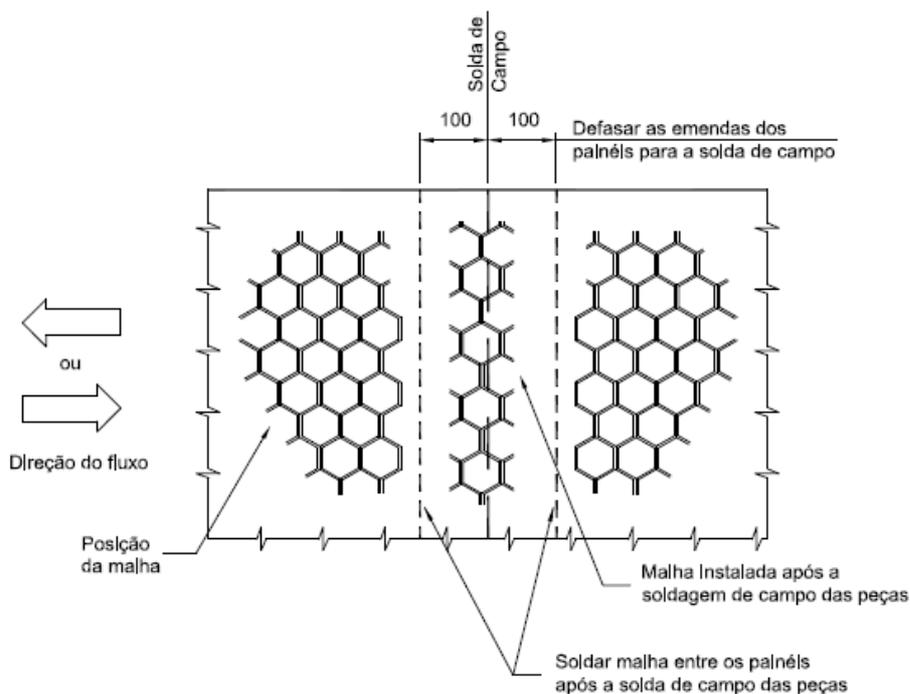


NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

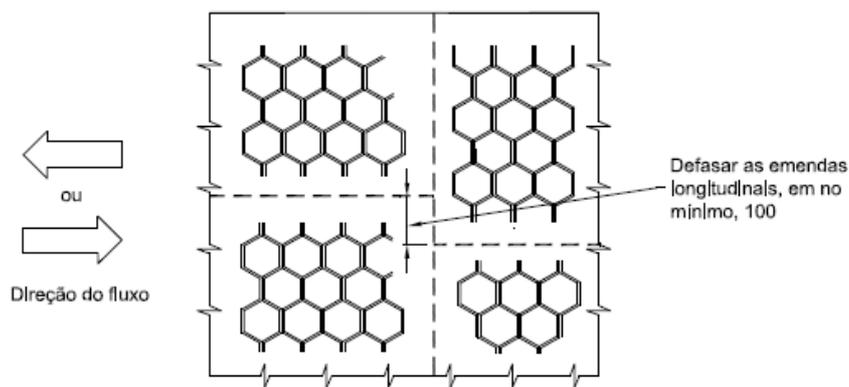
NOTA 2 Todas as tiras devem ser soldadas em um dos lados por toda extensão de contato com a mesa.

NOTA 3 Selecionar o lado de maior percurso para a realização da soldagem.

Figura A.6 - Fixação da Malha Hexagonal Tipo II para Camada Dupla



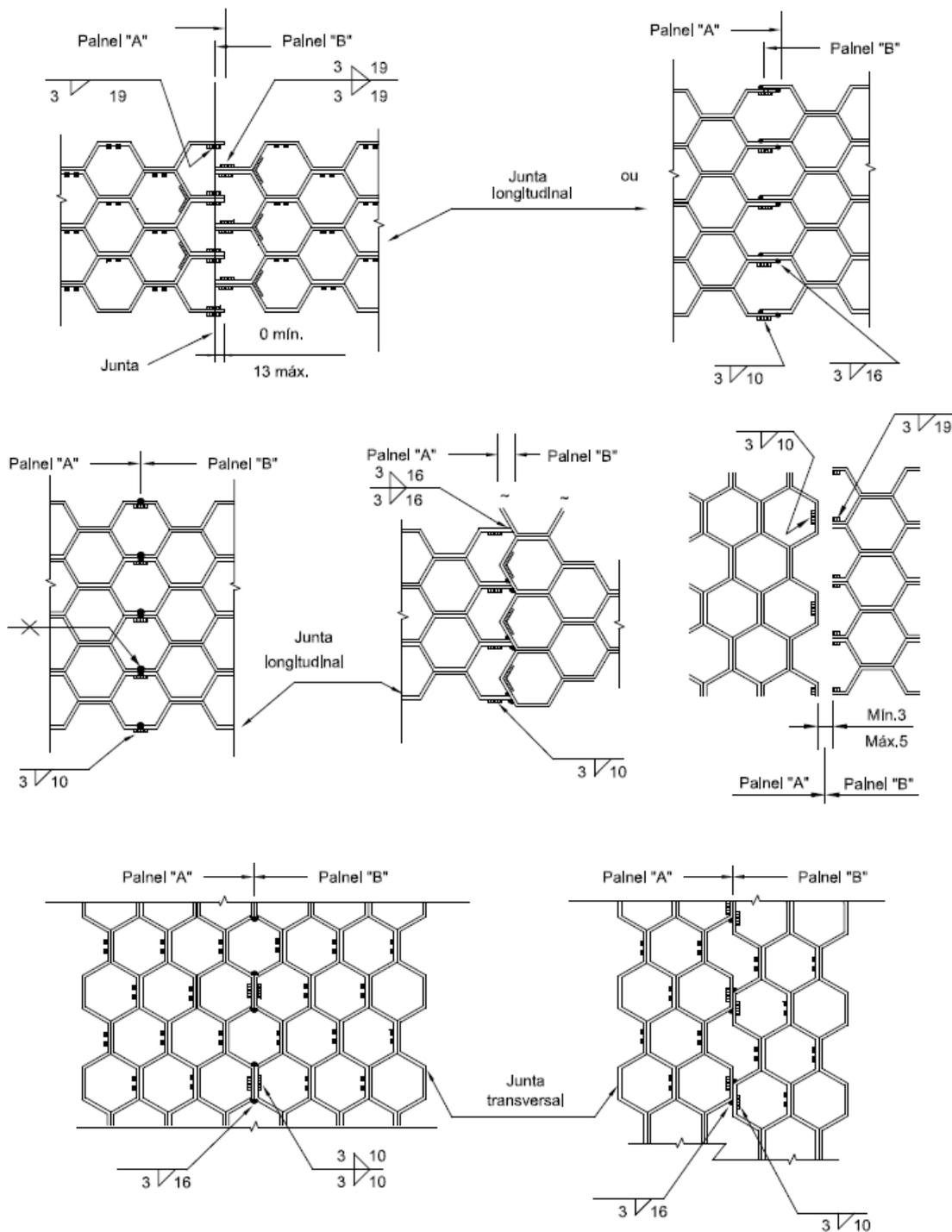
Emenda de Malha Hexagonal para Solda de Campo



Emenda de Malha Hexagonal em Painéis

NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

Figura A.7 - Instalação de Painel de Malha Hexagonal

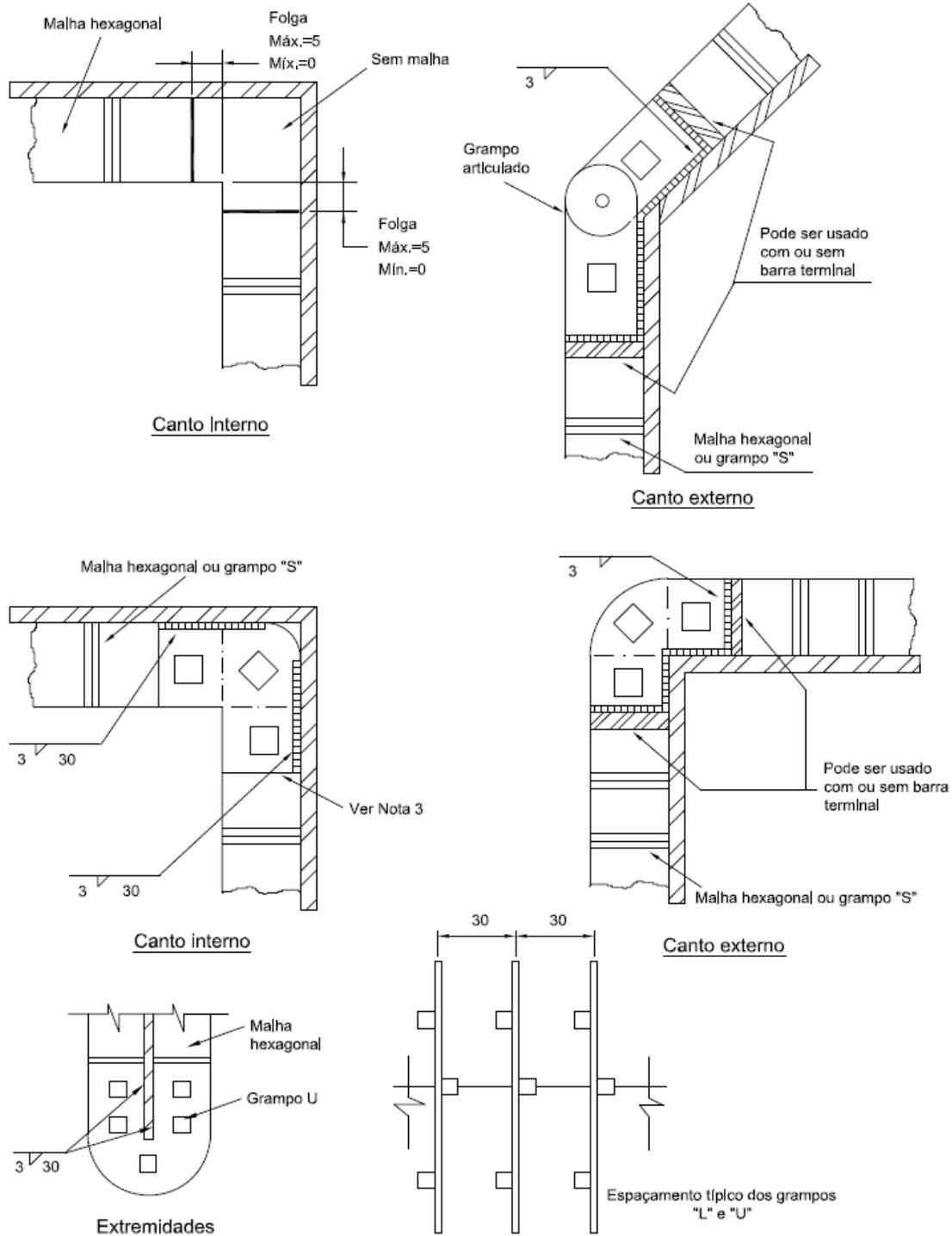


NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

NOTA 2 As áreas geradas nas emendas devem estar compreendidas entre 0,50 e 1,50 da área do hexágono original.

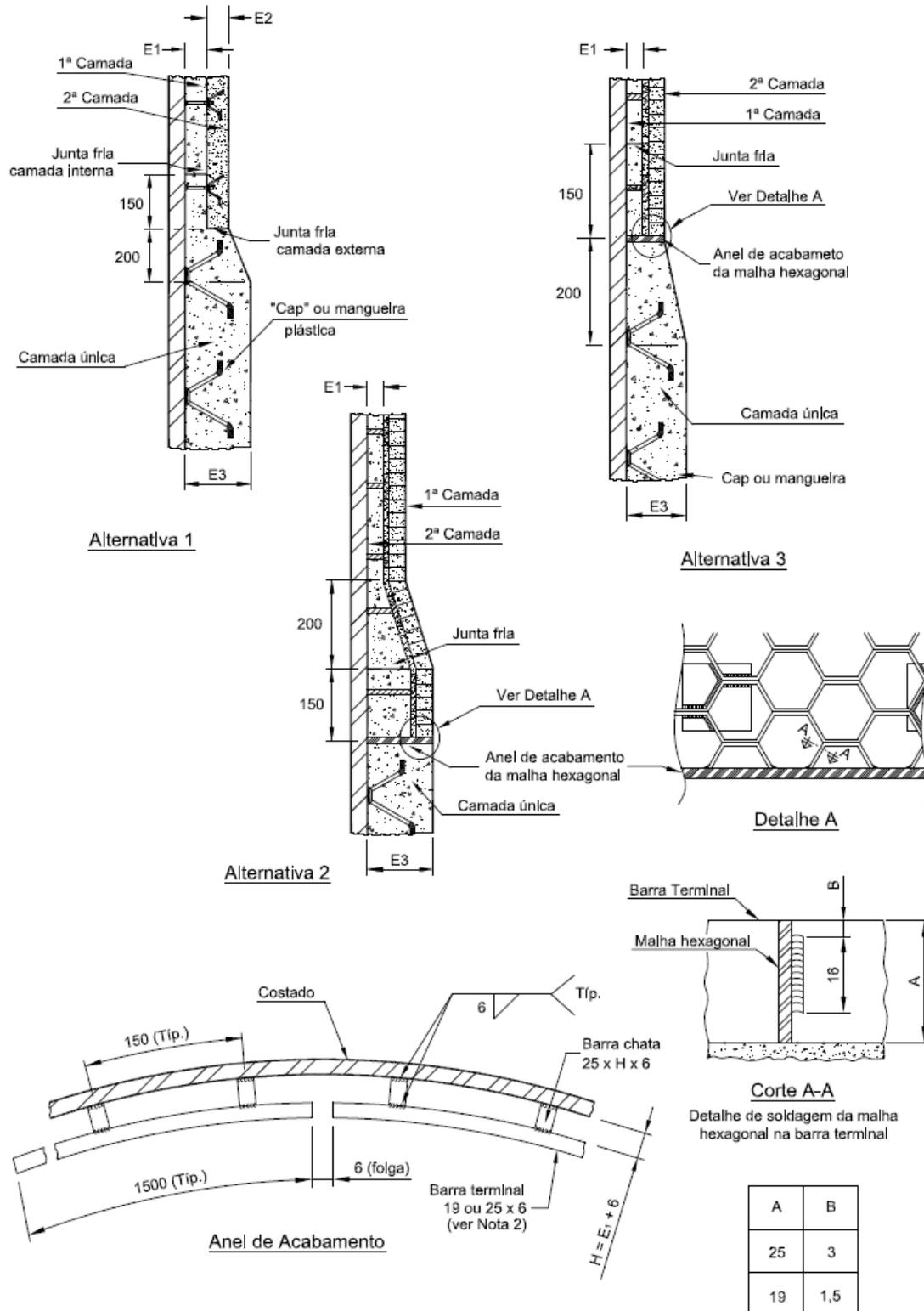
NOTA 3 As emendas de contato com o costado devem ser soldados ao mesmo.

Figura A.8 - União de Painéis de Malhas Hexagonais



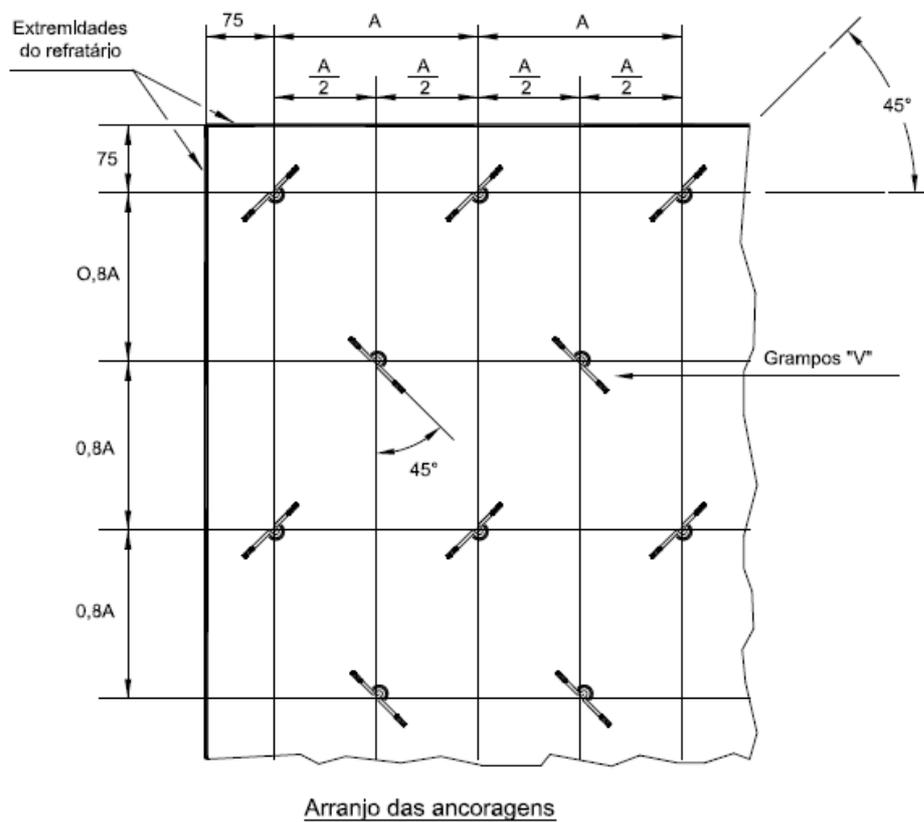
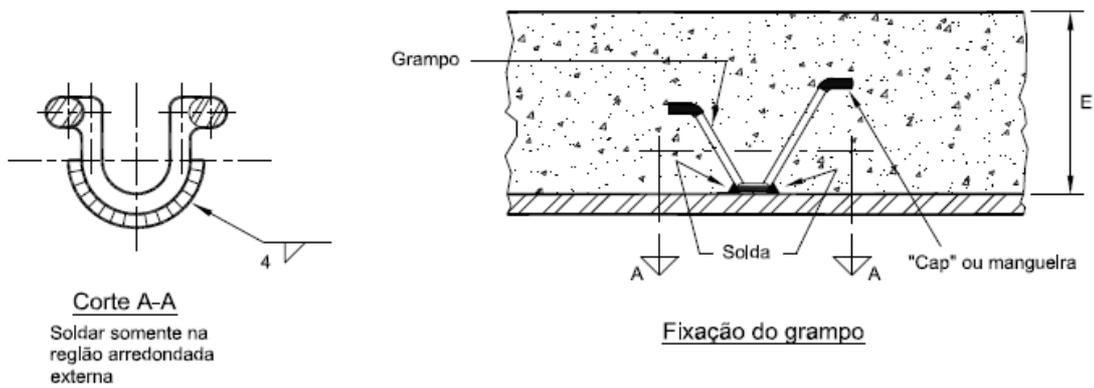
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
NOTA 2 A barra terminal pode ser usada para todas as arestas expostas.
NOTA 3 Soldar o grampo "L" na malha hexagonal, sempre que houver contato malha grampo.

Figura A.9 - Detalhes de Mudança de Direção de Painéis de Malha



NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
NOTA 2 Largura da barra terminal conforme espessura da malha hexagonal.

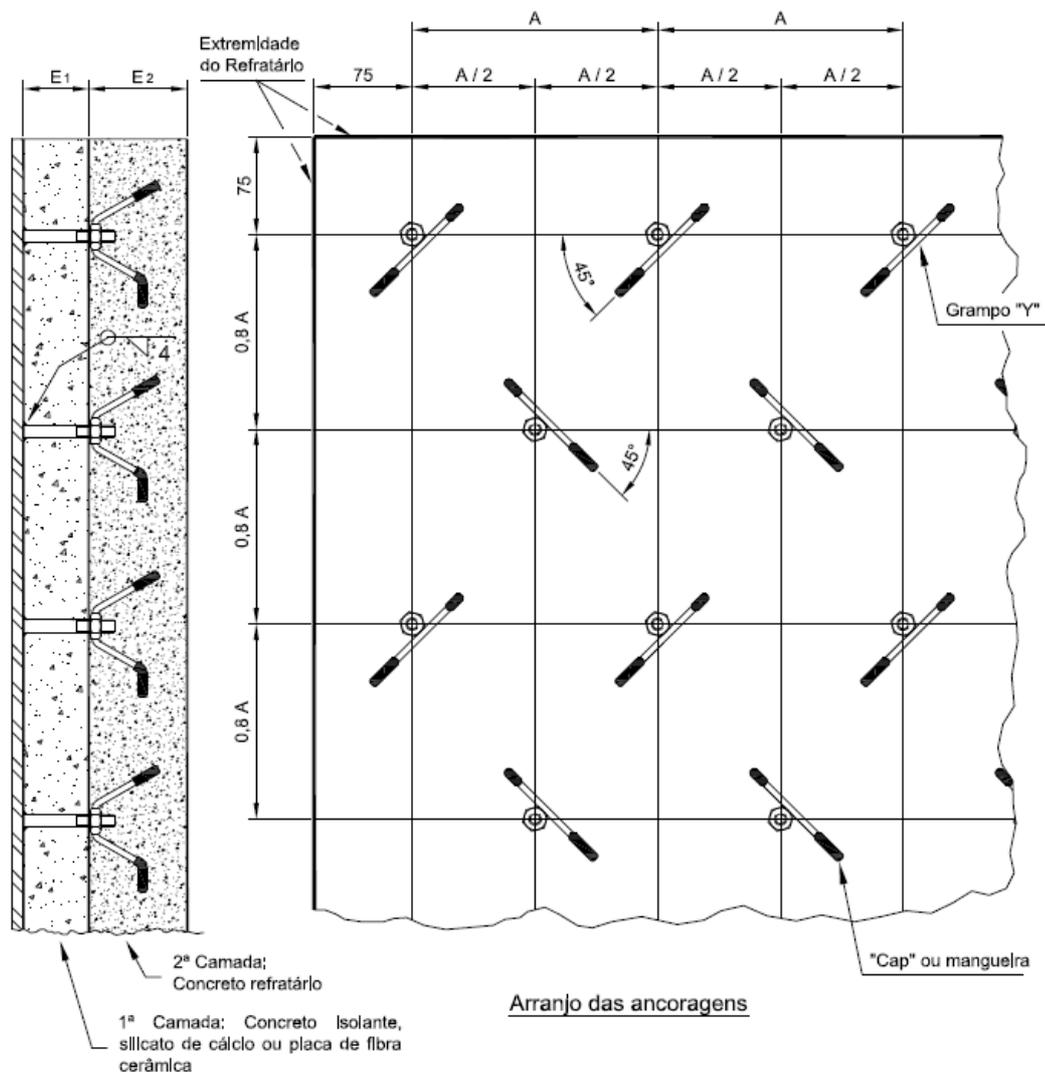
Figura A.10 - Detalhes de Transição de Dupla Camada para Camada Única



E = Espessura do revestimento
Paredes $A = 2E$ a $3E$ PARA $E < 100$;
 $A = 200$ a 400 para $E > 100$.
Tetos $A = 2E$, Máximos 300

NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

Figura A.11 - Instalação de Grampo "V"



Fixação do grampo

Para paredes:

A = 2E₂ a 3E₂ para E₂ < 100
 A = 200 a 400 para E₂ ≥ 100

Para tetos:

A = 2E₂, máximo 300

Onde:

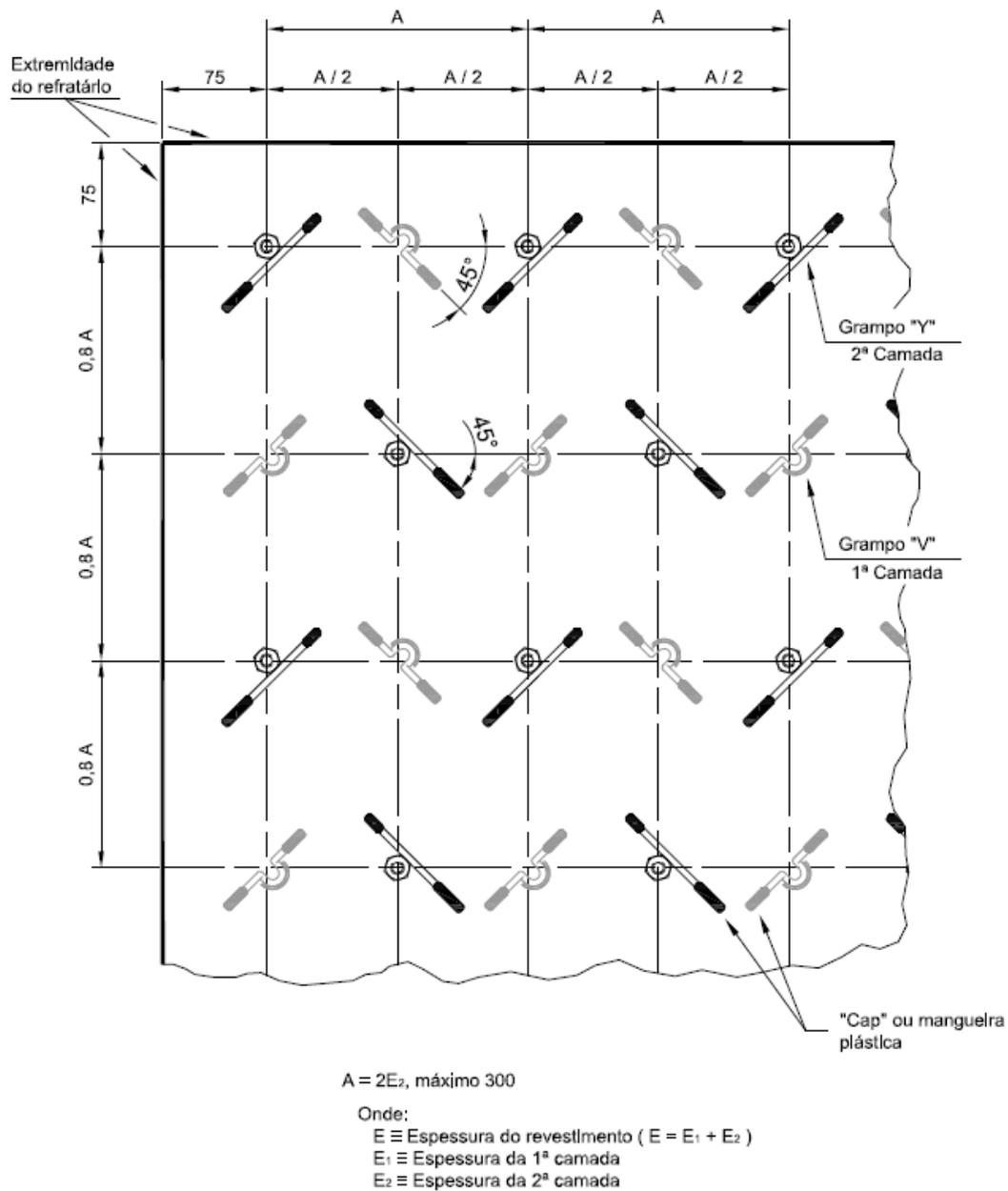
E ≡ Espessura do revestimento (E = E₁ + E₂)

E₁ ≡ Espessura da 1ª camada

E₂ ≡ Espessura da 2ª camada

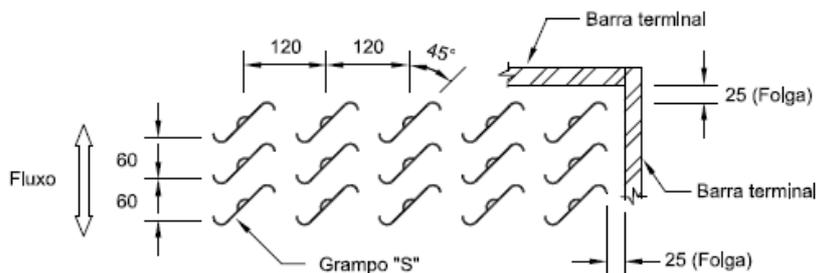
NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

Figura A.12 - Instalação de Grampo "Y"

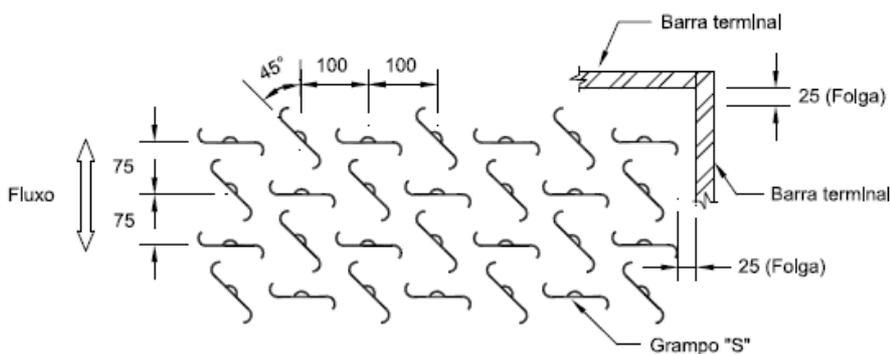


NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

Figura A.13 - Instalação de Grampos "V" e "Y" em Teto com Revestimento em Dupla Camada



Detalhe A - Para diâmetros até 600 de revestimento Interno

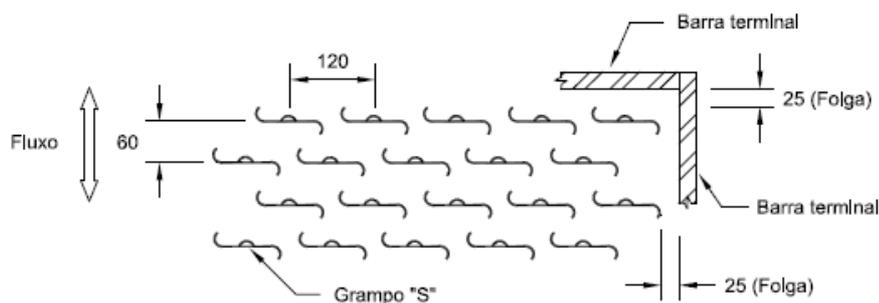


Detalhe B - Para diâmetros de 600 até 900 de revestimento interno

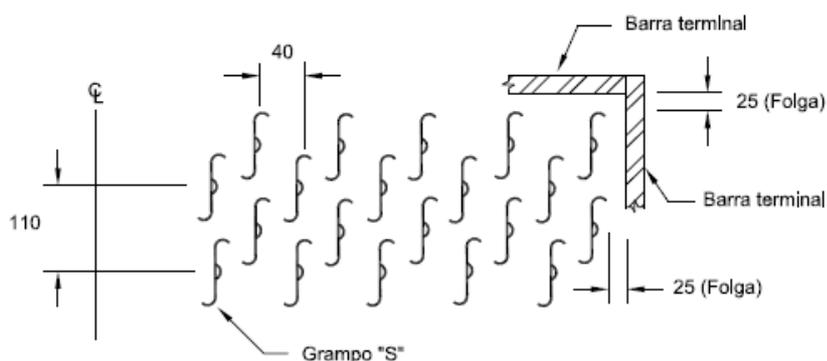
NOTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

Figura A.14.1 - Detalhes A e B

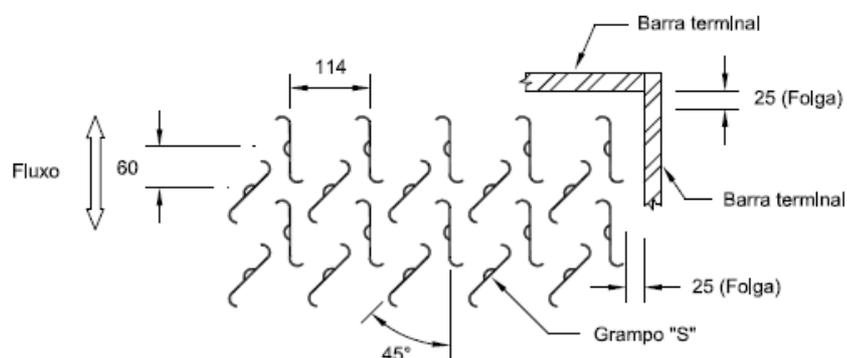
Figura A.14 - Instalação de Grampo "S"



Detalhe C - Para diâmetros acima de 900 de revestimento interno



Detalhe D - Para diâmetros até 600 de revestimento externo



Detalhe E - Para diâmetros acima de 600 de revestimento externo

OTA Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.

Figura A.14.2 - Detalhes C, D e E

Figura A.14 - Instalação de Grampo "S"

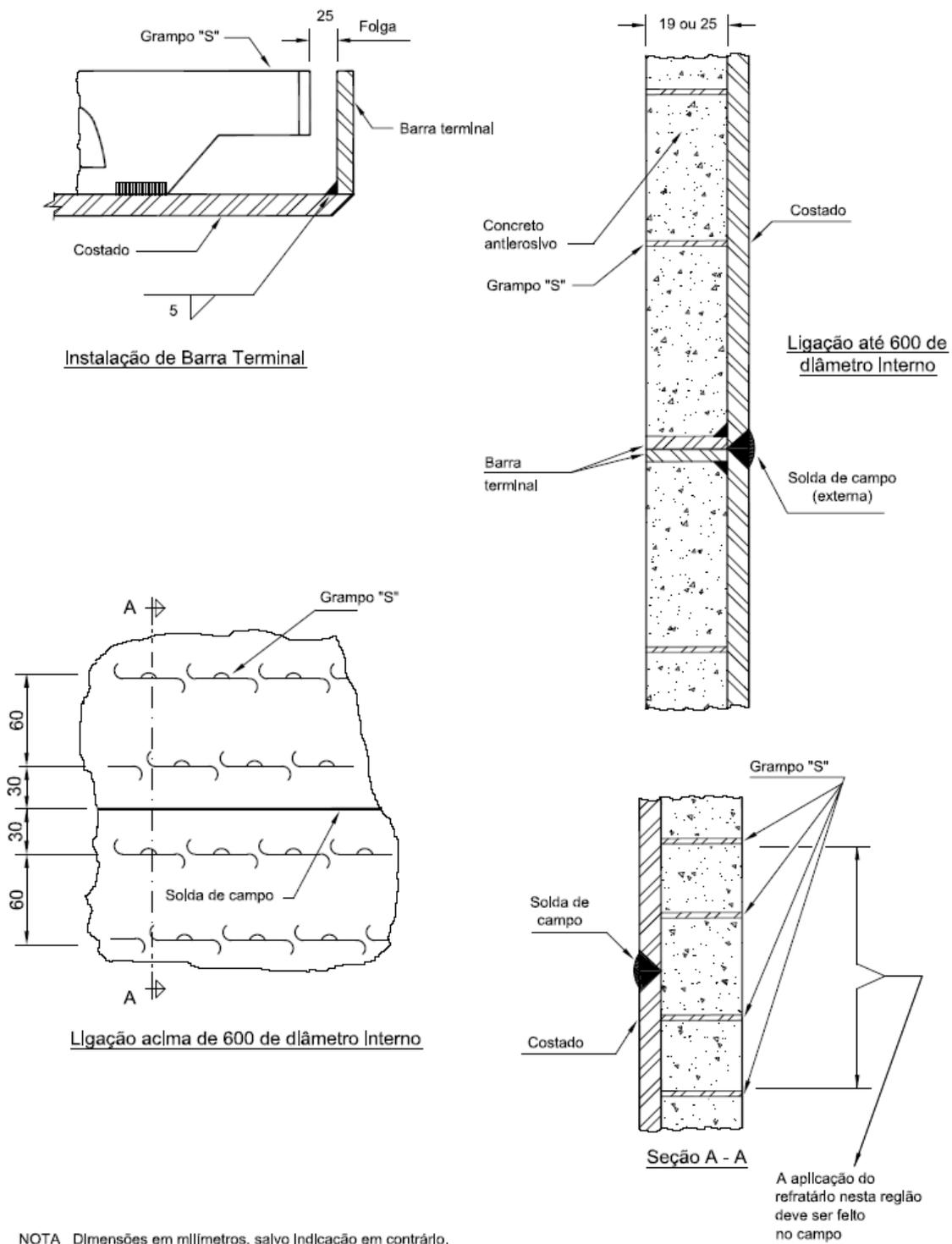
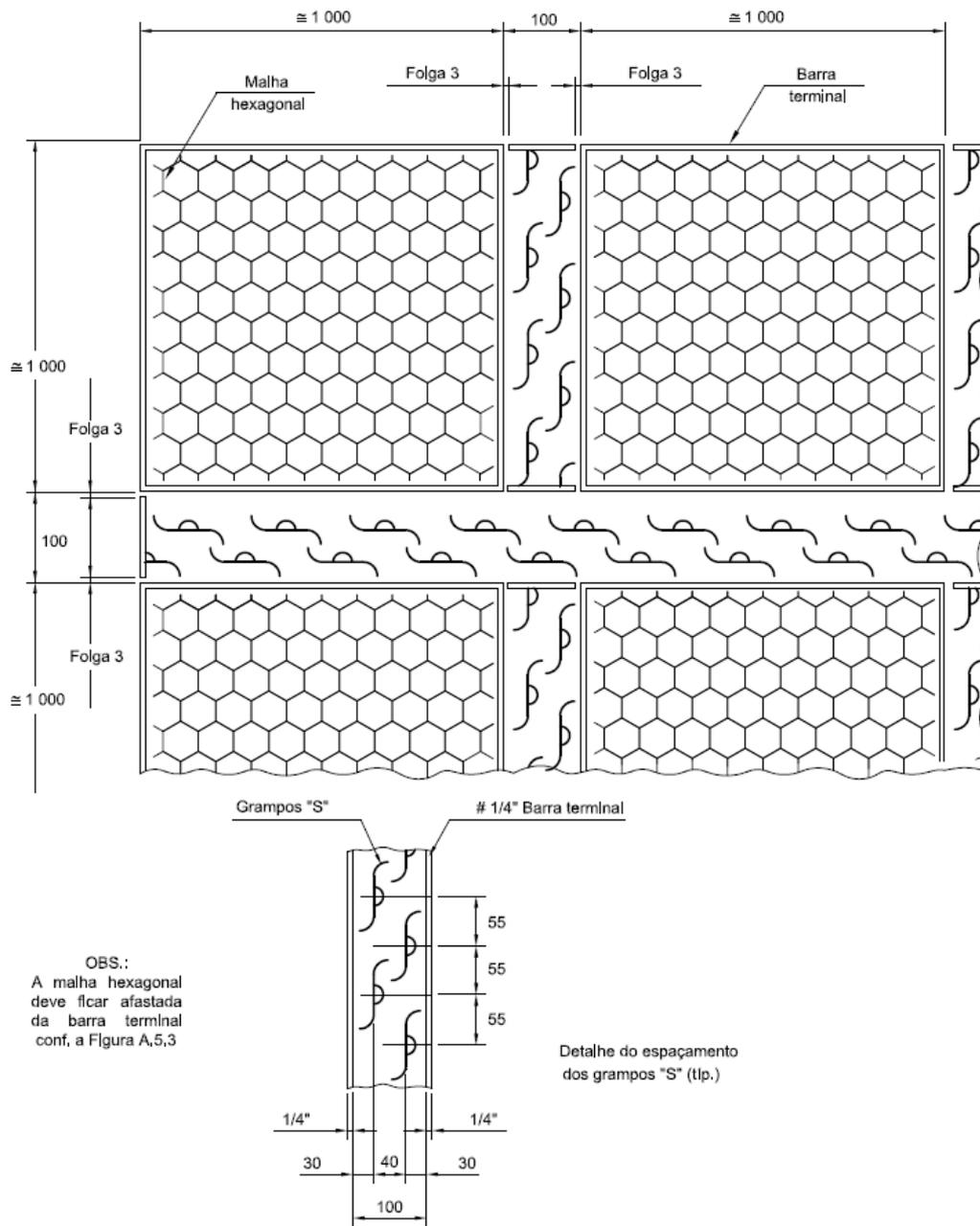


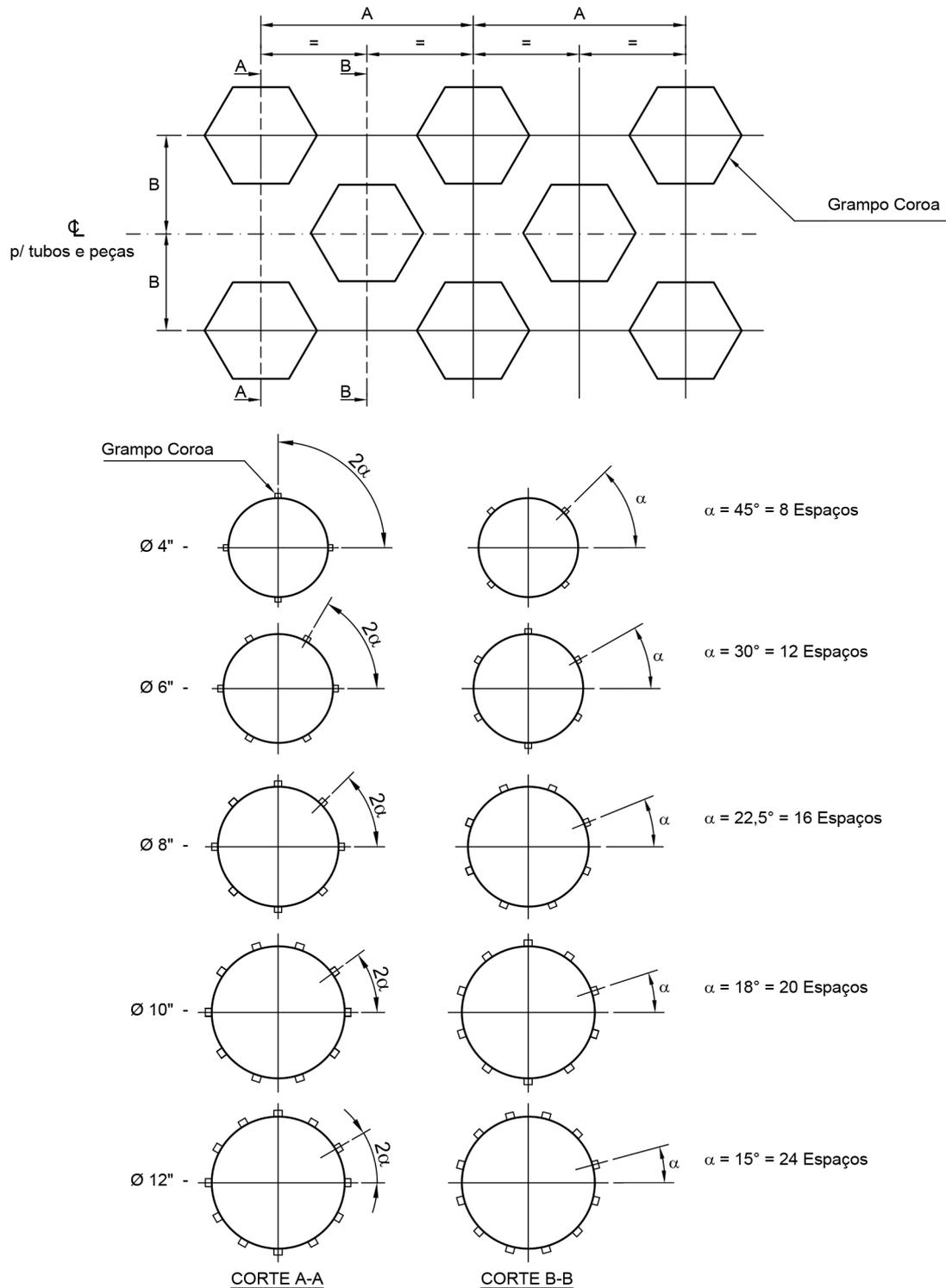
Figura A.14.3 - Detalhes de Solda de Campo

Figura A.14 - Instalação de Grampo "S"



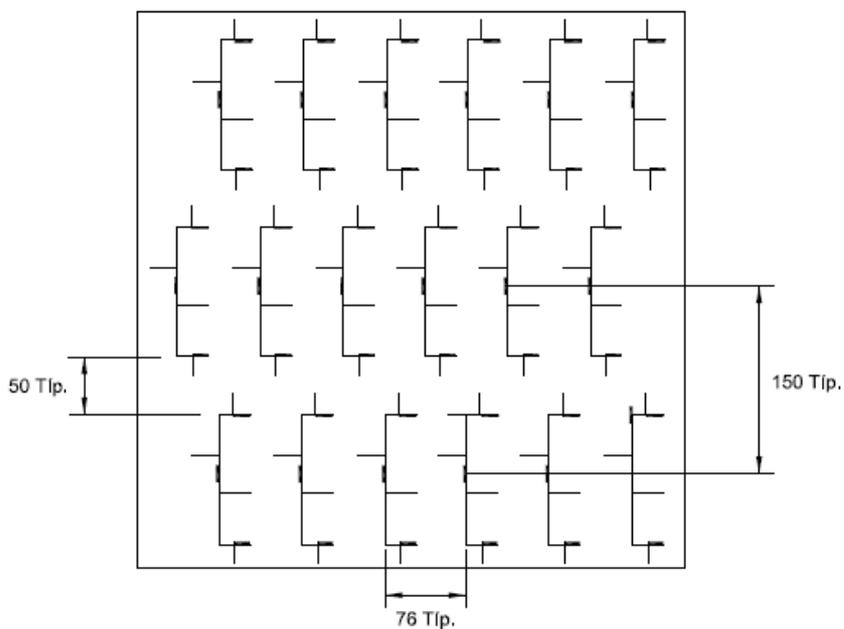
NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
NOTA 2 Solda conforme Figuras A.5.3, A.14.1 e A.14.2.

Figura A.15 - Instalação da Malha, Tipo II em Painéis Independentes (Regiões Sujetas a Formação de Coque e Susceptíveis a Estufamento)

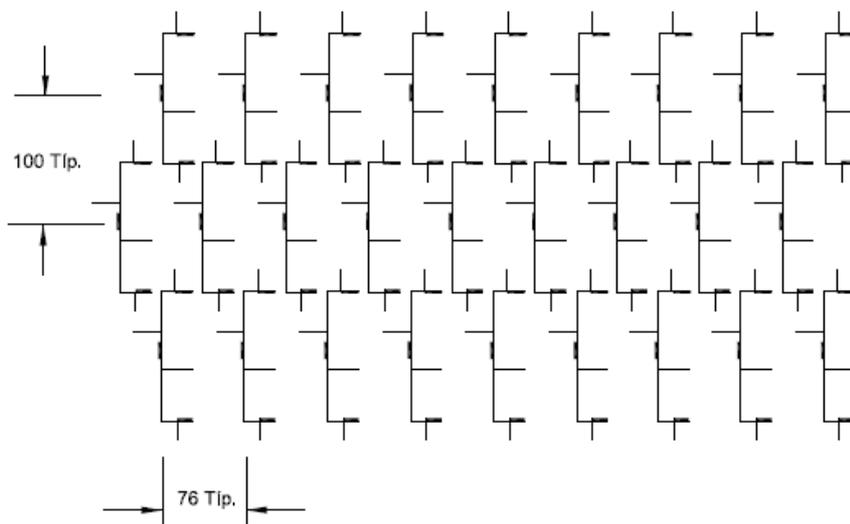


- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
 NOTA 2 Para revestimento externo em tubos de $\phi 4''$ a $\phi 8''$: $A = 70^{±3}$ e $B = 44^{±3}$
 NOTA 3 Para revestimento externo em tubos de $\phi 10''$ a $\phi 12''$: $A = 140^{±3}$ e $B = 43^{±3}$
 NOTA 4 Para revestimento em superfícies planas ou em tubos e peças cilíndricas (interno ou externo) acima de $\phi 12''$: $A = 88^{±3}$ e $B = 70^{±3}$.
 NOTA 5 Os grampos "Coroa" devem ser soldados nos três pontos de apoio, do lado interno ou externo do grampo, com altura de perna de 3 mm.

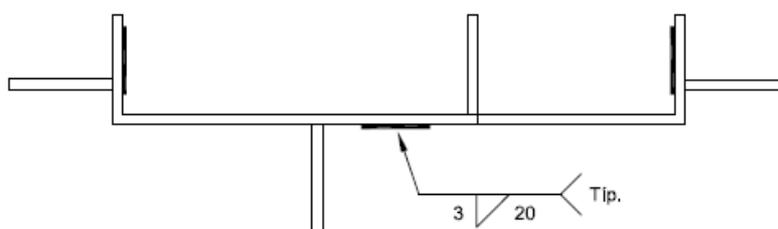
Figura A.16 – Instalação para Grampos Tipo Coroa



Arranjos das ancoragens



Arranjos das ancoragens (regiões sujeitas a formação de coque e/ou vibrações)



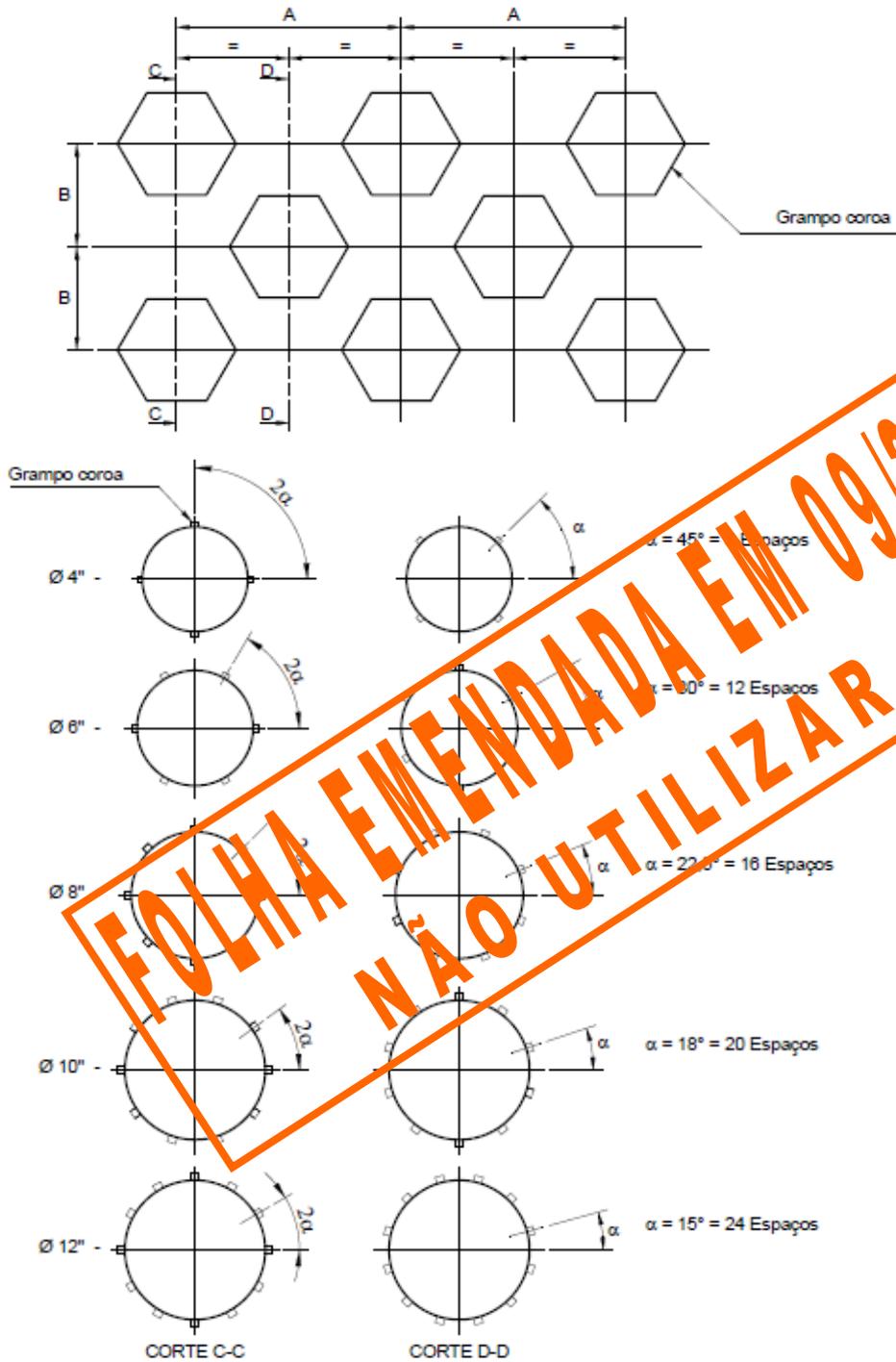
Detalhe de soldagem dos grampos

NOTA Dimensões em milímetros, salvo Indicação em contrário.

Figura A.17 - Instalação Grampo C

GRUPO DE TRABALHO - GT-09-01

Membros			
Nome	Lotação	Telefone	Chave
Daniel Telhado Gomes (Coordenador)	INDUSTRIAL/AC/IEE	706-4091	CJX7
José Ademar Nucci Etter	REPLAN/IE	753-6699	RPFU
Nelson Patrício Junior	SRGE/ERGE/EETC/EBET	706-9778	BR51
Salvador Martins da Costa Netto	SRGE/ERGE/EETC/EBET	706-9847	CSPX
Simone Jovita Diniz	SRGE/SI-III/REF/CMRPL	854-3158	ENO6
Secretário Técnico			
Luiz Carlos Baptista do Lago	CENPES/GTEC/PIMN	706-2091	ELZQ



- NOTA 1 Dimensões em milímetros, salvo indicação em contrário.
- NOTA 2 Para revestimento externo a tubos ($\varnothing 4''$ a $\varnothing 12''$) $A = 140^{mm}$ $B = 44^{mm}$.
- NOTA 3 Para revestimento interno e externo a tubos e regiões cilíndricas acima de $\varnothing 12''$ ou planos $A = 88^{mm}$ $B = 76^{mm}$.
- NOTA 4 A soldagem deve ser feita de um lado (interno ou externo) em área de contato, com altura de perna de 3 mm.

Figura A.16 – Instalação para Grampos Tipo Coroa