

PROJETO DE REVESTIMENTOS DE CONCRETOS REFRAATÓRIOS

Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Toda esta Norma foi alterada em relação à revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

Requisito Mandatório: 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 pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada (não-mandatória): 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 pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (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 aprimoramento da mesma, 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, o item a ser revisado, 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 Companhia, 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 Normas
Técnicas

SC - 09

Isolamento Térmico
e Refratários

Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis no projeto de revestimentos de concretos refratários incluindo a seleção de material refratário e no detalhamento de sua ancoragem utilizados em fornos, dutos, chaminés, vasos de pressão e conversores de craqueamento fluido catalítico-FCC.

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 Mandatórios e Práticas Recomendadas.

2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contêm prescrições válidas para a presente Norma.

PETROBRAS N-133	- Soldagem;
PETROBRAS N-1617	- Aplicação de Concreto Refratário;
PETROBRAS N-1618	- Material para Isolamento Térmico;
PETROBRAS N-1728	- Concreto Refratário;
ABNT NBR 8826	- Material Refratário;
ASME SECTION IX	- Qualification Standard for Welding and Brazing Procedures, Welders, Brazers, and Welding and Brazing Operators;
API STANDARD 560	- Fired Heaters for General Refinery Services.

3 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições da norma PETROBRAS [N-1728](#) e norma ABNT NBR 8826.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Todos os materiais refratários a serem utilizados devem estar de acordo com a norma PETROBRAS [N-1728](#) e serem aplicados de acordo com a norma PETROBRAS [N-1617](#). Os materiais para isolamento térmico devem estar de acordo com a norma PETROBRAS [N-1618](#).

4.2 A espessura de qualquer camada de concreto deve ser de, no mínimo, 50 mm, exceto para o concreto denso, aplicado em malhas hexagonal ou articulada, em grampo “S”, em grampo coroa e em grampo “L”, cuja espessura é de 25 mm ou 19 mm.

4.3 A soldagem de dispositivos de ancoragem pode ser feita de acordo com a norma PETROBRAS N-133. O processo de “Stud Welding”, conforme ASME Section IX, pode ser usado como alternativa para fornos.

4.4 Quando a primeira camada for constituída de silicato de cálcio, pode-se aplicar sobre esta camada um impermeabilizante de base asfáltica, base de PVA (Acetato de Polivinil) ou uma folha de alumínio de 0,030 mm de espessura com sobreposição de 50 mm, colada com silicato de sódio neutro. Para lâ cerâmica deve ser aplicado folha de alumínio de 0,030 mm de espessura.

4.5 Devem existir, obrigatoriamente, juntas de expansão em concretos aplicados em peças metálicas (tubulações e suportes) que atravessem paredes refratárias, devendo ter espessura aproximadamente de 6 mm e atender aos seguintes requisitos:

a) alternativa 1:

- ser de papelão impermeabilizado com goma laca, colado sobre a superfície metálica;
- ter uma fita adesiva de papel colada nas emendas, devendo as emendas estarem defasadas entre si;

b) alternativa 2:

- ser de lâ cerâmica envolvendo toda a superfície metálica;
- ter a superfície da lâ cerâmica, que vai estar em contato com o concreto, envolvida com uma folha de alumínio de espessura de 0,030 mm, com sobreposição mínima de 50 mm, fixada com fita adesiva de papel.

4.6 O projetista deve calcular e definir a necessidade e localização de juntas de expansão, que devem ser de acordo com uma das alternativas do item 4.5.

4.7 Os grampos “V”, “Y” e tridente devem receber nas extremidades CAPS que podem ser de fitas filamentosas, crepe ou mangueira plástica transparente de forma a obter-se um revestimento com 1 mm de espessura e 30 mm de comprimento, medido a partir da extremidade do grampo.

4.8 Os concretos densos podem conter no máximo 2 % em massa de agulhas metálicas e os isolantes 3 % no máximo.

4.9 No caso de camada dupla, não devem ser adicionadas agulhas metálicas no concreto da primeira camada.

4.10 As agulhas metálicas não devem ser utilizadas em temperaturas de operação superiores a 1 000 °C.

4.11 Nas superfícies a serem refratadas, sujeitas à corrosão por condensação de gases contendo compostos de enxofre e/ou vanádio, pode ser aplicada proteção anticorrosiva na chaparia.

4.12 A adoção ou não de agulhas, nos projetos novos de revestimentos refratários, fica a critério da projetista.

5 SELEÇÃO DO REVESTIMENTO REFRAATÁRIO

5.1 Fornos

5.1.1 Na zona de radiação (ver FIGURA A-1, do ANEXO A) podem ser adotados os seguintes critérios:

- 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 a camada dupla, sendo a 1ª camada de concreto isolante, classe B ou C, ou silicato de cálcio, classe I ou II ou lâ cerâmica, 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 superior a 1 000 °C e inferior ou igual a 1 200 °C:
 - camada dupla, sendo a 1ª camada de concreto isolante, classe A ou B, ou silicato de cálcio, classe I ou II ou lâ cerâmica, e a 2ª camada de concreto semi-isolante, ancoradas por grampo “Y”.

- Notas:
- 1) No caso de camada dupla, a 2ª camada de concreto deve ter espessura igual ou superior a 75 mm.
 - 2) 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.
 - 3) Devem ser verificados os limites de temperatura do silicato de cálcio (ver norma PETROBRAS [N-1618](#)).

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 Os blocos primários e secundários de queimadores podem se constituir de refratário aluminoso com cone pirométrico equivalente, igual ou superior ao Cone Orton 34.

Nota: Para queimadores que apresentem desgaste excessivo dos blocos, recomenda-se a utilização de peças formadas de mulita.

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.

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 item 5.1.2), com ou sem agulha, ancorada por grampo “V”, desde que a espessura total 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, classe I ou II ou lã cerâmica, e a 2ª camada de concreto isolante, classe A ou B ou concreto semi-isolante (ver item 5.1.2), com ou sem agulha, ancoradas por grampo “Y”.

Nota: No caso de camada dupla, a 2ª camada de concreto deve ter espessura igual ou superior a 75 mm.

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 (ver item 5.1.2), com ou sem agulha, ancorada por grampo “V”.

Nota: Nos casos em que a temperatura de operação for inferior ou igual a 350 °C, em atmosfera isenta de H₂S, ou nos casos em que a temperatura de operação for inferior ou igual a 250 °C, em atmosfera contendo H₂S, com a espessura total do revestimento igual a 50 mm, admite-se que a ancoragem seja feita por grampo de chapa ou grampo “G” e tela quadrada ou tela losangular.

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”, grampo de chapa ou grampo “G” e tela quadrada ou losangular.

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, deve existir uma junta de expansão com 12 mm de espessura (ver FIGURA A-1 do ANEXO A). O material a ser usado é a lã cerâmica, classe A.

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 (ver item 5.1.2), com ou sem agulha, ancorada por grampo “V” (ver Nota do item 5.1.6).

5.3 Unidade de Craqueamento Fluido Catalítico - 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” ou grampo tridente;
- b) soprador de ar quente (“pipe grid”) - camada única de concreto antierosivo, classe A ou B, agulhado, se ancorada por grampos “C”, Coroa ou “S”, ou sem agulha, se ancorada por malha hexagonal tipo I ou II, ou malha articulada;
- c) ciclones - camada única de concreto antierosivo, classe A, ancorada por malha hexagonal tipo I ou II.

5.3.2 Reator (Vaso Separador)

No reator (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 tridente;
- b) costado de parede quente - camada única de concreto antierosivo classe A ou B, 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” e Duto de Catalisador Gasto (“Standpipe”)

Em função do tipo de parede do “riser” e do duto de catalisador gasto (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 ou sem agulha, ancorada por grampo “V” e aplicado por vibração externa.

Nota: Aplicação de concreto de fluência livre pode ser usada apenas em reparos e/ou juntas de campo.

- 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 Retificador (“Stripper”)

- a) costado de parede quente - de acordo com o item 5.3.2 b);
- b) costado de parede fria - de acordo com o item 5.3.2 a).

5.3.5 Dutos de Gás

Nos dutos de gás (ver FIGURA A-4 do ANEXO A) podem ser adotados os seguintes critérios:

5.3.5.1 Duto de CO

- 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.

5.3.5.2 Duto de Gás de Combustão

- 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”.

5.3.6 Câmara de Orifícios

Na câmara de orifícios (ver FIGURA A-4, do ANEXO A) podem ser adotados os seguintes critérios:

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

5.3.7 Potes de Selagem

Nos potes de selagem podem ser adotados os seguintes critérios:

- 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 (ver item 5.3.5.1).

5.3.8 Vaso do 3º Estágio de Ciclone

No vaso do 3º estágio (ver FIGURA A-4 do ANEXO A) devem ser adotados os seguintes critérios:

- a) costado - de acordo com o item 5.3.1 a);
- b) ciclone - de acordo com o item 5.3.1 c).

5.3.9 Resfriador de Catalisador ("Cat Cooler")

No resfriador de catalisador (ver FIGURA A-4 do ANEXO A), os critérios devem ser de acordo com o item 5.3.3 a).

5.3.10 Válvula "Diverter"

Na válvula (ver FIGURA A-4 do ANEXO A) devem ser adotados os seguintes critérios:

- a) costado - de acordo com o item 5.3.3 a);
- b) disco - de acordo com o item 5.3.1 c).

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".

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 norma API STANDARD 560;
- b) UFCC: conforme TABELA 1.

TABELA 1 - MATERIAL DOS DISPOSITIVOS DE ANCORAGEM PARA UFCC

UFCC	ASTM A 240 (CHAPA) OU ASTM A 479 (BARRA), TIPOS:	
Região	Ancoragem Protegida	Ancoragem Descoberta
Regenerador	Série 300	Série 300
Reator/Retificador	410S	410S
“Riser” - topo	410S ou Série 300	410S
“Riser” – fundo	Série 300	Série 300
Dutos de Gás/ Câmara de Orifícios/ Potes de Selagem/ Vaso do 3º Estágio de Ciclone/ Resfriador de Catalisador/ Válvula “Diverter”	Série 300	Série 300

6.1 Malhas Hexagonais e Articuladas

6.1.1 A fixação de malha para revestimentos em camada única pode estar conforme FIGURAS A-5.1, A-5.2 e A-5.4 do ANEXO A. Em regiões sujeitas a formação de coque e/ou sujeitas a vibrações, 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:

- 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 sujeitas a vibrações, recomenda-se um espaçamento de 150 mm;
- posicionar a malha em cima dos grampos, executando a soldagem de fixação da malha aos grampos coincidentes, somente de um lado, em toda a região de contato, no maior percurso.

Nota: Quando houver coincidência de duas tiras, devem ser soldados os dois 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).

6.1.4 No caso de junção de duas peças (na fase de montagem) previamente revestidas com malha, deve-se deixar sem revestimento, no mínimo 100 mm a partir da borda. Após a união das peças, completa-se o revestimento executando-se a soldagem de fixação e de união entre malhas (ver FIGURA A-7 do ANEXO A).

6.1.5 A emenda longitudinal entre malhas pode 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.

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-18 do ANEXO A.

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.

6.2 Grampo de Chapa, Grampo “G”, Gancho e Tela

6.2.1 A distribuição e a fixação de grampos de chapa, “G” ou gancho podem ter a formação quadrado centrado, com espaçamento de 250 mm conforme FIGURA A-11 do ANEXO A.

6.2.2 A instalação de tela para ancoragem de concreto pode estar conforme FIGURA A-11 do ANEXO A.

6.3 Grampo “V” ou Tridente

A distribuição e a fixação de grampos “V” ou tridente podem ter formação triangular (ver FIGURAS A-12 e A-13 do ANEXO A).

6.4 Grampo “Y”

6.4.1 A distribuição e a fixação de grampos “Y” podem ter formação triangular (ver FIGURA A-14 do ANEXO A).

6.4.2 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-15 do ANEXO A).

6.5 Grampo “S”

6.5.1 A distribuição e a fixação de grampos “S” podem estar conforme FIGURA A-16 do ANEXO A.

6.5.2 No caso de junção de duas peças (montagem), previamente revestidas com grampos “S”, o acabamento pode ser feito conforme FIGURA A-17 do ANEXO A.

6.6 Mudanças de Direção

Ver FIGURA A-9 do ANEXO A.

6.7 Grampo “Coroa”

Ver FIGURA A-19 do ANEXO A.

6.8 Grampo “C”

Ver FIGURA A-20 do ANEXO A.

/ANEXO A