

CONTEC

Comissão de Normalização
Técnica

SC-02

Caldeiraria

Projeto e Fabricação de Resfriador a Ar

1ª Emenda

Esta é a 1ª Emenda da PETROBRAS N-1858 REV. B, e se destina a modificar o seu texto na(s) parte(s) indicada(s) a seguir:

NOTA 1 A(s) nova(s) página(s) com a(s) alteração(ões) efetuada(s) está(ão) colocada(s) na(s) posição(ões) correspondente(s).

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

- Figura 5: **(1ª Emenda)**

Alteração na Figura.

Projeto e Fabricação de Resfriador a Ar

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

CONTEC

Comissão de Normalização
Técnica

SC - 02

Caldeiraria

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.

1 Escopo

1.1 Esta Norma complementa a ISO [13706:2005](#) e fixa as condições exigíveis para o projeto mecânico, seleção de material, fabricação, inspeção e condicionamento de resfriadores a ar com superfície estendida (tubos aletados) ou tubos lisos, tiragem forçada ou induzida, usados como condensadores ou resfriadores para uso na indústria de petróleo ou gás natural. Esta Norma complementa também a PETROBRAS [N-253:2010](#), onde aplicável.

1.2 O feixe de tubos normalmente é horizontal, mas o conceito básico desta Norma também pode ser aplicado a outras configurações.

1.3 Esta Norma se aplica a procedimentos iniciados a partir da data de sua edição.

1.4 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 (incluindo emendas).

Norma Regulamentadora nº 13 ([NR-13](#)) - Caldeiras e Vasos de Pressão;

Norma Regulamentadora nº 15 ([NR-15](#)) - Atividades e Operações Insalubres;

PETROBRAS [N-253:2010](#) - Projeto de Vaso de Pressão;

PETROBRAS [N-279](#) - Projeto de Estruturas Metálicas;

ABNT [NBR 6123](#) - Forças Devidas ao Vento em Edificações;

ABNT [NBR 8800](#) - Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edificações;

ABNT [NBR 10151](#) - Acústica - Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto da Comunidade - Procedimento;

ABNT [NBR 12555](#) - Trocadores de Calor - Terminologia;

ISO [1461](#) - Hot Dip Galvanized Coatings on Fabricated Iron and Steel Articles - Specification and Test Methods;

ISO [13706:2005](#) - Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries - Air-Cooled Heat Exchangers;

AGMA [6001](#) - Design and Selection of Components for Enclosed Gear Drives;

ASME [B 16.5](#) - Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS 1/2 Through NPS 24 Metric/Inch;

ASME B16.11 - Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded;

ASME [BPVC Section II](#) - Boiler and Pressure Vessel Code - Section II - Materials;

ASME [BPVC Section V](#) - Boiler and Pressure Vessel Code - Section V - Nondestructive Examination;

ASME [BPVC Section VIII - Division 1:2010](#) - Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII - Division 1: Rules for Construction of Pressure Vessels;

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

ASME [PTC 30](#) - Air-Cooled Heat Exchangers;

ASTM [A36/36M](#) - Standard Specification for Carbon Structural Steel;

ASTM [A450/450M](#) - Standard Specification for General Requirements for Carbon and Low Alloy Steel Tubes;

ASTM [E140](#) - Standard Hardness Conversion Tables for Metals Relationship Among Brinell Hardness, Vickers Hardness, Rockwell Hardness, Superficial Hardness, Knoop Hardness, and Scleroscope Hardness;

TEMA - Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association.

NOTA As normas referenciadas na ISO [13706:2005](#) também são referenciadas neste documento.

3 Termos e Definições

Para os efeitos deste documento aplicam-se os termos e definições do ASME [BPVC Section VIII - Division 1:2010](#), Apêndice 3 e ISO [13706:2005](#) e os seguintes.

3.1

tratamento térmico de alívio de tensões

tratamento térmico com o objetivo de aliviar as tensões residuais de soldagem, realizado conforme o ASME [BPVC Section VIII - Division 1:2010](#)

3.2

tubo bimetálico

dois tubos em metais diferentes, extrudados para formar um único tubo

3.3

solda de resistência para a ligação tubo-espelho

solda em que a sua resistência é superior àquela do tubo, ou seja, o tubo será o ponto de falha no caso de um ensaio de arrancamento

3.4

congelamento

quando um fluido apresenta um aumento brusco na sua viscosidade, não necessariamente pela mudança de estado líquido para sólido

NOTA Gasóleo pesado e resíduo de vácuo na temperatura ambiente são exemplos deste tipo.

3.5

Brake Horsepower (BHP)

é a potência transmitida do motor para o eixo, desconsiderando as perdas do sistema de transmissão

3.6**Tratamento Térmico Após Soldagem (TTAS)**

inclui quaisquer tratamentos térmicos após a soldagem, tais como: dehidrogenação, tratamento térmico para alívio de tensões, dentre outros

3.7**Variable-Speed Drive System (VSIDS)**

sistema de variação de velocidade de motor elétrico

4 Símbolos e Abreviaturas

ASME	- American Society of Mechanical Engineers;
BHP	- Brake Horsepower;
DN	- Diâmetro Nominal;
ISO	- International Organization for Standardization;
MDMT	- Temperaturas Máxima e Mínima;
PMTA	- Pressão Máxima de Projeto;
RM	- Requisição de Material;
SAW	- Soldagem ao Arco Submerso;
SMAW	- Shielded Metal Arc Welding;
SPDT	- chave de contato elétrico ("switch") ("Single-Pole, Double Throw");
TEMA	- Tubular Exchanger Manufacturers Association;
TTAS	- Tratamento Térmico Após Soldagem;
TTAT	- Tratamento Térmico de Alívio de Tensões;
UT	- ensaio de ultrassom;
VSIDS	- Variable-Speed Drive System.

5 Dados do Projeto**5.1 Escopo de Fornecimento**

A não ser quando especificado em contrário na RM, o escopo do fornecimento do fabricante deve incluir:

- a) feixes tubulares completos, com cabeçotes, bocais, juntas, parafusos, porcas e tomadas para instrumentos, limpeza, respiro e drenagem;
- b) venezianas (quando especificado);
- c) estruturas;
- d) controles (como especificado);
- e) escadas e plataformas;
- f) motores;
- g) transmissão;
- h) ventiladores;
- i) chapas ou rolos para permitir a dilatação dos feixes tubulares.

5.2 Dados de Processo e Folha de Dados

O anexo B da ISO [13706:2005](#) descreve os dados necessários para a elaboração da Folha de Dados e projeto do resfriador a ar. Aos itens descritos na ISO [13706:2005](#), acrescentar:

- a) coeficiente de depósito - quando não especificado, deve ser igual ao valor recomendado para aquele fluido pelas tabelas da [TEMA](#);
- b) controle manual ou automático - a Folha de Dados deve indicar a exigência de controle manual ou automático de temperatura, pressão ou outra variável, bem como o método desejado para o referido controle, tal como a variação do passo do ventilador ou abertura das venezianas;

- c) aquecimento do ar por serpentina de vapor e/ou recirculação - a Folha de Dados deve apresentar os sistemas julgados necessários para que o equipamento opere dentro das características de processo definidas, em especial para produtos de alto ponto de fluidez e alta viscosidade, onde a necessidade de serpentinas de vapor e/ou recirculação de ar devem ser consideradas;
- d) nível de ruído aceitável - a Folha de Dados deve indicar qual o nível de ruído aceitável durante o funcionamento do equipamento.

NOTA 1 A projetista do equipamento deve rever o sistema de controle especificado e pode propor alternativas economicamente recomendadas que possam resultar em um sistema de controle melhor ou mais confiável para o serviço específico.

NOTA 2 Os requisitos técnicos considerados como mínimos necessários para proposta e projeto de trocador de calor devem estar de acordo com a ISO 13706:2005, capítulos 5 ("Proposals") e 6 ("Documentation").

5.3 Condições de Operação e de Projeto

5.3.1 A pressão de operação é a pressão contínua de operação normal.

5.3.2 A pressão de projeto deve ser o maior dentre os seguintes valores:

- a) pressão máxima de operação +10 %;
- b) pressão de operação +98 kPa (1,0 kgf/cm²).

5.3.3 A temperatura de operação é a temperatura contínua de operação normal.

5.3.4 A temperatura de projeto deve ser a temperatura máxima de operação acrescida de 15 °C, no mínimo, exceto se indicado em contrário pela PETROBRAS.

5.3.5 Condições de operação que apresentam parâmetros diferentes das condições normais de operação, tais como partidas e paradas, ou mesmo situações de descontrole operacional previsíveis, devem ser computados para prever cargas e esforços sobre o feixe tubular, cabeçotes ou sobre a estrutura.

5.3.6 A máxima temperatura de operação deve ser definida para a seleção do tipo e do material das aletas.

5.3.7 A temperatura mínima do ar também deve ser indicada para prevenir o "congelamento" do fluido dentro dos tubos na condição de máxima condição de resfriamento.

5.3.8 Se o equipamento for submetido a purga com vapor ("steam-out"), a condição de pressão deve ser indicada pela PETROBRAS na Folha de Dados. Deve ser considerada a temperatura do vapor para ser indicada ao projetista.

5.3.9 A PETROBRAS deve fornecer todos os dados relativos ao ambiente ("environmental data") pertinentes ao projeto do equipamento. Estes fatores devem ser considerados para o projeto do lado do ar.

5.4 Requisitos Gerais de Projeto

5.4.1 O projeto e a fabricação devem estar de acordo com o ASME [BPVC Seção VIII Division 1](#), com a ISO [13706:2005](#) e com a PETROBRAS [N-253:2010](#).

5.4.2 O projeto deve considerar as condições máximas de resfriamento na mínima temperatura do ar durante o inverno. Os detalhes de projeto necessários para esta condição devem ser fornecidos na Folha de Dados.

5.5 Apresentação para Comentários e Aprovação

5.5.1 A Folha de Dados, elaborada pelo fornecedor, deve ser apresentada para comentário e aprovação pela PETROBRAS, também com as seguintes informações complementares:

- a) potência absorvida pelos ventiladores, nas condições de projeto e nas seguintes condições:
 - na temperatura de inverno, com o ângulo de inclinação das pás do ventilador na posição requerida para o ar na temperatura de projeto;
 - na temperatura de inverno, com o ângulo máximo de inclinação das pás do ventilador;
 - na temperatura ambiente especificada, com as pás inclinadas no ângulo mais adequado a esta condição;
- b) vazão de ar, número de ventiladores em operação e ângulo de inclinação das pás devem ser fornecidos para cada unidade, quando operando nas seguintes condições:
 - na temperatura de projeto;
 - na temperatura de inverno;
 - na temperatura ambiente especificada;
 - na temperatura de verão (máxima).

5.5.2 O fornecedor também deve apresentar um Diagrama de Controle do resfriador a ar, exceto se indicado em contrário na RM.

6 Materiais

6.1 Todos os materiais para as partes pressurizadas devem atender aos requisitos do ASME [BPVC Section II](#) e [BPVC Section VIII - Division 1:2010](#).

6.2 Os requisitos para os materiais indicados na ISO [13706:2005](#) também devem ser seguidos.

6.3 Para aços inox austeníticos ou para os metais não ferrosos não é necessário considerar a sobreespressão de corrosão, exceto se indicado em contrário.

6.4 Com a finalidade de minimizar a necessidade de partes sobressalentes devem ser padronizados os acessórios mecânicos, desde que economicamente justificável.

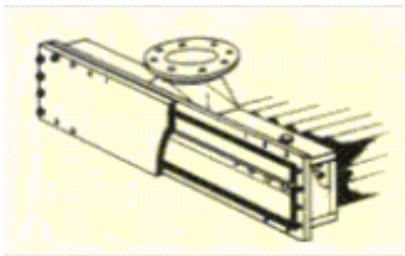
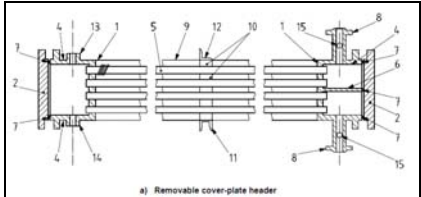
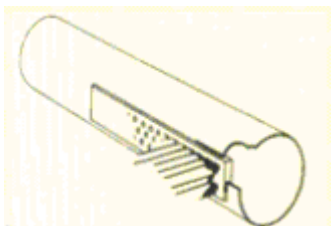
7 Cabeçotes

7.1 Requisitos Gerais

7.1.1 Os componentes das partes pressurizadas do cabeçote devem atender aos requisitos do ASME [BPVC Section VIII - Division 1:2010](#), mas as espessuras mínimas devem atender à Tabela 1 da ISO [13706:2005](#).

7.1.2 O projetista deve selecionar o tipo de cabeçote que melhor atende às condições de serviço, considerando a temperatura, pressão e fluido. Alguns tipos de cabeçote discutidos nesta Norma são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição dos Tipos de Cabeçotes [Prática Recomendada]

Tipos de cabeçotes	Descrição
 	Com tampo removível - Recomendado para pressões inferiores a 30 kgf/cm². Permite limpeza mecânica e inspeção facilitada. Tem problema de vedação, caso o cabeçote seja muito largo. Os cabeçotes com tampo removível são recomendados quando o coeficiente de depósito for superior a 0,00034 m²·K/W (0,00193·°F·ft²·h/Btu) ou quando o depósito esperado não puder ser removido por meios químicos, desde que a pressão seja inferior aos 3 000 kPa (30,6 kgf/cm²).
	Com tampo removível tipo "Bonnet" - permite melhor acesso ao espelho e facilidade de manutenção na ligação tubo-espelho. O prolongamento do espelho funciona como flange. O peso deste tampo removível pode ser um problema para a manutenção.
	Com bujões (ou plugues) - Recomendado para pressões superiores a 30 kgf/cm² ou com serviço com H₂ ou H₂S. Permite a limpeza dos tubos. A solda de selagem dos bujões pode ser necessária.
	"Manifold" - o espelho é soldado diretamente ao "manifold". Utilizado para equipamentos com pressões elevadas. Uso para fluido limpo.
	"Pipe" - utilizado para pressões superiores a 175 kgf/cm². Os tubos são soldados em luvas ("weldolet") soldadas diretamente no "pipe". Uso para fluido limpo.

7.1.3 Para acomodar a dilatação dos tubos, um dos cabeçotes deve ser flutuante. As condições extraordinárias de operação, tais como partida, parada, ou purga com vapor ("steam-out") devem ser indicadas para que o projetista possa considerá-las na sua análise, inclusive calculando as cargas induzidas na ligação tubo-espelho devidas às diferenças de temperaturas entre os diversos passes no feixe tubular. Não se deve executar limpeza com vapor em apenas um dos tubos, devido à dilatação térmica diferencial.