

Fabricação e Montagem de Caldeira Aquotubular

Procedimento

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.

1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a fabricação e montagem de caldeira aquotubular, em instalações de indústria de petróleo e petroquímica, e em centrais termoelétricas.

1.2 Para os requisitos não referenciados nesta Norma utilizar a PETROBRAS [N-268](#).

1.3 Esta Norma não abrange sistemas elétricos, dinâmicos, de automação e de segurança.

1.4 Esta Norma se aplica aos serviços de fabricação e montagem iniciados a partir da data da sua edição.

1.5 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.

Norma Regulamentadora [NR-13](#) – Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulação;

PETROBRAS [N-12](#) - Embalagem e Preservação de Válvulas;

PETROBRAS [N-13](#) - Requisitos Técnicos para Serviços de Pintura;

PETROBRAS [N-115](#) - Fabricação e Montagem de Tubulações Metálicas;

PETROBRAS [N-133](#) - Soldagem;

PETROBRAS [N-134](#) - Chumbadores para Concreto;

PETROBRAS [N-250](#) - Montagem de Isolamento Térmico a Alta Temperatura;

PETROBRAS [N-268](#) - Fabricação de Vaso de Pressão;

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

PETROBRAS [N-293](#) - Fabricação e Montagem de Estruturas Metálicas;

PETROBRAS [N-300](#) - Detalhes de Aterramento Empregando-se Conectores Mecânicos;

PETROBRAS [N-1593](#) - Ensaio Não Destrutivo - Estandeidade;

PETROBRAS [N-1594](#) - Ensaio Não Destrutivo - Ultrassom em Solda;

PETROBRAS [N-1595](#) - Ensaio Não Destrutivo - Radiografia;

PETROBRAS [N-1596](#) - Ensaio Não Destrutivo - Líquido Penetrante;

PETROBRAS [N-1597](#) - Ensaio Não Destrutivo Visual;

PETROBRAS [N-1598](#) - Ensaio Não Destrutivo - Partículas Magnéticas;

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

PETROBRAS [N-1618](#) - Material para Isolamento Térmico;

PETROBRAS [N-1644](#) - Construção de Fundações e de Estruturas de Concreto Armado;

PETROBRAS [N-1910](#) - Projeto de Revestimento de Concreto Refratário;

PETROBRAS [N-2162](#) - Permissão para Trabalho;

PETROBRAS [N-2568](#) - Revestimentos Metálicos por Aspersão Térmica;

ABNT [NBR 5425](#) - Guia para Inspeção por Amostragem no Controle e Certificação de Qualidade;

ABNT [NBR 5426](#) - Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos;

ABNT [NBR 5427](#) - Guia para Utilização da Norma ABNT [NBR 5426](#) - Planos de Amostragem e Procedimentos na Inspeção por Atributos;

ABNT [NBR 16137](#) - Ensaios não destrutivos – identificação de materiais por teste por pontos, espectrometria por fluorescência de raios X e espectrometria por emissão óptica;

API [RP 535](#) - Burners for Fired Heaters in General Refinery Services;

API [RP 578](#) - Guidelines for a Material Verification Program (MVP) for New and Existing Assets;

ASME [B31.1](#) - Power Piping;

ASME [B31.3](#) - Process Piping;

ASME [BPVC - Section I](#) - Rules for Construction of Power Boilers;

ASME [BPVC - Section VII](#) - Recommended Guidelines for the Care of Power Boilers;

ASME [BPVC - Section VIII - Division 1](#) - Rules for Construction of Pressure Vessels;

ASME [STS 1](#) - Steel Stacks;

DIN [EN 473](#) - Non-Destructive Testing - Qualification and Certification of NDT Personnel - General Principles.

ISO [8501-1](#) - Preparation of Steel Substrates before Application of Paints and Related Products - Visual Assessment of Surface Cleanliness - Part 1: Rust Grades and Preparation Grades of Uncoated Steel Substrates and of Steel Substrates after Overall Removal of Previous Coatings;

ISO [9712](#) - Non-Destructive Testing - Qualification and Certification of Personnel;

ISO ISO/IEC [17024](#) - Conformity assessment – General requirements for bodies operating certification for persons.

3 Termos e Definições

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

3.1

ASME BPVC - Section I

sistema de caldeira sob o escopo da ASME [BPVC - Section I](#).

3.2**ASME B31**

sistema da caldeira sob o escopo da ASME [B31.1](#) ou [B31.3](#)

3.3**identificação positiva de materiais (IPM)**

determinação da composição química do material por um dos métodos definidos na API [RP 578](#)

3.4**balança**

qualquer dispositivo de montagem utilizado para elevação ou movimentação de peças esbeltas com a função de apoiar a peça em vários pontos, a fim de evitar deformações na peça

3.5**painel**

conjunto de tubos unidos entre si, ao longo do comprimento, diretamente ou através de aletas por meio de junta soldada, ou ligados a 2 coletores comuns

3.6**pressão máxima de trabalho admissível (PMTA)**

o maior valor de pressão compatível com o código de projeto, a resistência dos materiais utilizados, as dimensões do equipamento e seus parâmetros operacionais

3.7**ensaio não destrutivo - END**

denomina-se END qualquer tipo de ensaio praticado ao material, que não altere de forma permanente suas propriedades físicas, mecânicas, químicas e dimensionais. Os ENDs implicam em dano imperceptível ou nulo

4 Condições Gerais de Ensaios Não Destrutivos

Nesta Norma, algumas atividades são citadas repetidas vezes e deve ficar implícito que essas atividades são executadas de acordo com as prescrições deste Capítulo.

Nota Os inspetores para ensaios não destrutivos devem ser certificados conforme ISO [9712](#). Para qualificações no exterior deve ser realizada por entidades internacionais independentes que atendam aos requisitos da ISO/IEC [17024](#) e que operem em conformidade com as ISO [9712](#) ou DIN [EN 473](#), sendo que neste caso requerida a aprovação prévia da PETROBRAS.

4.1 Ensaio por Meio de Líquido Penetrante

Executado de acordo com a PETROBRAS [N-1596](#).

4.2 Ensaio por Meio de Partículas Magnéticas

Executado de acordo com a PETROBRAS [N-1598](#).

4.3 Ensaio por Ultrassom

Executado de acordo com a PETROBRAS [N-1594](#).

4.4 Ensaio Radiográfico

Executado de acordo com a PETROBRAS [N-1595](#).

4.5 Ensaio Visual

Exame executado de acordo com a PETROBRAS [N-1597](#).

4.6 Teste por Pontos

Ensaio executado de acordo com a ABNT [NBR 16137](#).

4.7 Ensaio de Estanqueidade

Ensaio executado de acordo com a PETROBRAS [N-1593](#) ou conforme procedimento próprio do fabricante, desde que previamente aprovado pela PETROBRAS.

5 Inspeção de Fabricação

5.1 Deve ser verificada a espessura de parede em todas as regiões de maior grau de conformação de calotas, partes cilíndricas do tubulão e curvas por dobramento de tubos. Deve ser obedecido o seguinte critério:

$$\text{Espessura medida} \geq \text{Espessura mínima de projeto}$$

5.2 Deve ser verificada se a ovalização dos tubos dobrados atende as tolerâncias especificadas no projeto da caldeira.

5.3 Os consumíveis para soldagem devem estar de acordo com a PETROBRAS [N-133](#).

5.4 Deve ser verificado se o número da corrida dos consumíveis para soldagem recebidos coincide com o número da corrida constante nos certificados e se os certificados estão de acordo.

5.5 Durante a fabricação dos componentes ou subcomponentes da caldeira deve ser realizado a IPM, nos seguintes casos: aços liga e aços inoxidáveis, de acordo com o especificado na API [RP 578](#) e ser testemunhado por um representante designado pela PETROBRAS.

5.6 Para definição dos tipos e extensão de inspeção de soldas ver Anexo A.

5.7 Para as estruturas metálicas da caldeira deve ser atendida a PETROBRAS [N-279](#) e [N-293](#).

5.8 Ajustagem

5.8.1 As seções ou peças do equipamento devem ser ajustadas dentro das seguintes tolerâncias:

- a) afastamento da linha de centro do tubo que possui apenas 1 plano de simetria, medido nos pontos extremos do tubo, em relação ao plano de simetria do tubo em sua posição teórica: 1/100 do comprimento total do tubo, porém, no máximo, 5 mm (ver Figura B.1);

- b) afastamento da linha de centro dos tubos extremos do painel, medido nas extremidades dos tubos, em relação à posição teórica da superfície que contém a linha de centro dos tubos (ver Figura B.2):
 - painéis mandrilados: 1/200 da largura do painel;
 - painéis soldados: 1/50 da largura do painel;
- c) desalinhamento de juntas para soldagem, exceto chaminé, duto e estrutura metálica conforme a ASME [BPVC - Section I](#) ou ASME [B 31.1](#) e [B31.3](#).

5.8.2 As juntas circunferenciais de tubos ou serpentinas devem estar afastadas, no mínimo, de 500 mm do suporte ou espaçador mais próximo.

5.9 Marcação

Marcar nas peças as linhas indicativas dos eixos coordenados. A marcação deve ser feita por meio apropriado, tal como: por punção ou riscador e destacada com tinta.

5.10 Chanfros

Conforme a PETROBRAS [N-268](#).

5.11 Mandrilagem

5.11.1 Deve ser apresentado um procedimento para mandrilagem dos tubos contemplando no mínimo as variáveis essenciais do Apêndice HH da ASME [BPVC - Section VIII - Division 1](#).

5.11.2 Todos os furos de mandrilagem e as extremidades, interna e externamente, dos tubos a serem mandrilados, devem ser examinados visualmente, devendo estar isentos de defeitos superficiais. Não são admitidos:

- a) riscos;
- b) amassamentos;
- c) corrosão;
- d) arestas cortantes.

5.11.3 Caso a projeção ultrapasse os limites de tolerância especificada, o excesso de tubo existente deve ser removido, antes da mandrilagem, fazendo as correções necessárias. Devem ser observados os cuidados descritos no procedimento do fabricante.

5.12 Soldagem

5.12.1 A soldagem deve ser executada de acordo com a PETROBRAS [N-133](#) e os requisitos adicionados em 5.12.2 a 5.12.6.

5.12.2 O pré-aquecimento e pós-aquecimento devem ser aplicados:

- a) ao longo de toda a junta soldada ou ponteamto em execução, e deve compreender a solda e mais 75 mm de cada lado;
- b) em soldas de selagem de tubulões, em um raio, no mínimo, igual a 2,5 vezes o diâmetro do tubo que está sendo soldado, e preferencialmente pelo lado externo do tubulão;

- c) por meio de resistência elétrica em juntas com diâmetro nominal maior que 4", sendo porém admitido o aquecimento a gás para juntas com diâmetro nominal até 12", se for utilizado um anel que envolva toda a junta para este fim.

5.12.3 As soldas dos dispositivos auxiliares de montagem, e demais soldas provisórias, inclusive a solda de fixação dos termopares, devem ser removidas, sem impactos, após cumprir sua função e o local deve ser inspecionado por ensaio de Líquido Penetrante.

5.12.4 Devem ser esmerilhadas as juntas soldadas que possuam irregularidades superficiais que prejudiquem a interpretação de qualquer ensaio não destrutivo. Este requisito é obrigatório para soldas filetadas.

5.12.5 Para o restabelecimento de espessura do metal base através de solda, devem ser executados nesta região os mesmos ensaios não destrutivos previstos para a junta soldada de topo mais próxima, que pertença ao metal base em questão.

5.12.6 Tolerâncias de Juntas Soldadas

As juntas soldadas e as seções soldadas do equipamento, exceto chaminé, dutos e estruturas metálicas, devem estar dentro das tolerâncias especificadas pela ASME [BPVC - Section I](#) ou ASME [B 31.1](#) e [B 31.3](#) para reforço de solda e desalinhamento.

5.13 Bocais

5.13.1 Devem ser locados, ajustados e, após soldagem, estar posicionados dentro das tolerâncias apresentadas abaixo:

- a) projeção: ± 3 mm em relação a superfície da peça;
- b) orientação do eixo do bocal: ± 3 mm;
- c) perpendicularidade da face do flange em relação ao eixo do bocal: $\pm 1/2^\circ$;
- d) orientação da furação dos flanges de ligação com tubulações:
 - a vertical e os eixos principais devem sempre passar pelo meio do intervalo entre 2 furos adjacentes do flange;
 - a rotação máxima dos furos do flange em relação à posição indicada no projeto: 1,5 mm;
- e) desvio angular do eixo do bocal: $\pm 1/2^\circ$.

NOTA Ver PETROBRAS [N-268](#), figura A.1.

5.13.2 A sede de assentamento de junta do tampo e da boca de visita do tubulão, bem como os parafusos (estojos) devem ser protegidos contra danos mecânicos e corrosão.

5.13.3 O comprimento roscado em conexões roscadas deve atender ao ASME [BPVC - Section I](#), PG 39.5.

5.14 Conformação

5.14.1 Para peças conformadas avaliar a necessidade de Tratamento Térmico conforme Parágrafos PG-19 e PG-20 da ASME [BPVC - Section I](#).

5.14.2 Para as peças tratadas termicamente realizar ensaio de Líquido Penetrante na região conformada.

5.15 Queimador

O queimador e a caldeira devem ser compatíveis de modo a não apresentar as ocorrências listadas abaixo:

- a) vibração estrutural da fornalha causadas por fenômenos termoacústicos,
- b) incidência de chamas no superaquecedor e na fornalha.
- c) aumento da temperatura de tubos, suportes ou outros itens além dos limites especificados para cada material, nas seções da fornalha;

NOTA Os queimadores a serem instalados podem ser avaliados seguindo os pontos de atenção recomendados pela API [RP 535](#). **[PRÁTICA RECOMENDADA]**

5.16 Pintura e Revestimento

5.16.1 Os componentes fornecidos com pintura definitiva deve atender os requisitos da PETROBRAS [N-13](#).

5.16.2 Os componentes fornecidos com revestimentos anticorrosivos aplicados por aspersão térmica deve atender os requisitos da PETROBRAS [N-2568](#).

5.17 Refratamento e Isolamento Térmico

Conforme PETROBRAS [N-1617](#) e [N-1618](#).

6 Inspeção de Recebimento no Local de Montagem

6.1 No recebimento da Caldeira ou de seus componentes verificar os Relatórios de Inspeção de Fabricação, Relatórios de Não Conformidade (caso aplicável) e Procedimentos de Fabricação.

6.2 Deve ser verificado se os conjuntos que compõe a caldeira estão perfeitamente identificados de acordo com os desenhos de fabricação.

6.3 Para itens fornecidos isoladamente e que sejam submetidos a pressão, verificar se os materiais utilizados estão identificados de acordo com a especificação e o item do projeto da caldeira.

6.4 No recebimento de painéis de aço liga ou aço inoxidável deve ser realizado ensaio de IPM por amostragem ABNT [NBR 5426](#) e ABNT [NBR 5427](#). Todos os itens fornecidos isoladamente devem ser verificados através de ensaio de IPM após montagem no local definitivo.

6.5 Inspecionar os chanfros das partes a serem soldadas conforme o item 5.10 desta Norma.

6.6 Os consumíveis para soldagem devem estar de acordo com a PETROBRAS [N-133](#).

6.7 Deve ser verificado se o número da corrida dos consumíveis para soldagem recebidos coincide com o número da corrida constante nos certificados e se os certificados estão de acordo com as especificações.

6.8 Verificar nas partes de apoio do equipamento se a dimensão e disposição dos furos é compatível com os chumbadores. Deve ser verificado, em especial, se os furos permitem a dilatação prevista para o equipamento, conforme definido em projeto.

6.9 Verificar se os furos que tem a função de “vent” não estão tamponados.

6.10 Verificar no relatório de fabricação dos tubulões a conformidade com o projeto das seguintes dimensões:

- a) diâmetro do furo;
- b) posicionamento da ranhura;
- c) profundidade da ranhura;
- d) largura da ranhura.

6.11 Todos os furos de mandrilagem e as superfícies interna e externa das extremidades dos tubos a serem mandrilados, devem ser examinados visualmente e ter o acabamento isentos de defeitos superficiais, não sendo admitidas as imperfeições abaixo relacionadas:

- a) riscos;
- b) amassamentos;
- c) corrosão;
- d) arestas cortantes.

NOTA 1 Proteger os furos e as extremidades dos tubos contra a corrosão; usar tampão plástico externo nas extremidades dos tubos.

NOTA 2 As superfícies dos tubos a serem examinadas devem se estender a um comprimento igual à da parte a ser mandrilada mais 50 mm.

6.12 Devem ser verificados, por exame visual e/ou dimensional, todos os tubos e demais peças submetidas à pressão, os quais devem estar isentos de:

- a) defeito que cause uma transição aguda na superfície da peça;
- b) defeito que reduz a espessura da peça para valor inferior ao requerido no 5.1;
- c) corrosão acima do grau C da ISO 8501-1 para os seguintes materiais: aço-carbono, aço-liga molibdênio, aço-liga cromo-molibdênio e aço-liga níquel;
- d) qualquer grau de corrosão para os aços inoxidáveis, para níquel e para ligas de níquel.

NOTA Os reparos, caso necessários, só podem ser realizados com autorização da PETROBRAS.

6.13 A forma e dimensões de tubos e painéis devem estar de acordo com o 9.6.

6.14 Verificar se os reforços dos dutos do equipamento, utilizados para aumentar a rigidez dos dutos, estão instalados conforme o projeto.

6.15 Verificar os dutos do equipamento quanto à deformação existente, a qual deve atender às seguintes tolerâncias:

- a) duto de seção circular: